



REVISTA
IBERO
AMERICANA
DE CIENCIA,
TECNOLOGÍA
Y SOCIEDAD

CTS

33

volumen 11

septiembre 2016

**REVISTA IBEROAMERICANA
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA
Y SOCIEDAD**



Dirección

Mario Albornoz (Centro Redes, Argentina)
José Antonio López Cerezo (OEI)
Miguel Ángel Quintanilla (Universidad de Salamanca, España)

Coordinación Editorial

Juan Carlos Toscano (OEI)

Consejo Editorial

Sandra Brisolla (Unicamp, Brasil), Fernando Broncano (Universidad Carlos III, España), Rosalba Casas (UNAM, México), Ana María Cuevas (Universidad de Salamanca, España), Javier Echeverría (CSIC, España), Hernán Jaramillo (Universidad del Rosario, Colombia), Tatiana Lascaris Comneno (UNA, Costa Rica), Diego Lawler (Centro REDES, Argentina), José Luis Luján (Universidad de las Islas Baleares, España), Bruno Maltrás (Universidad de Salamanca, España), Emilio Muñoz (CSIC, España), Jorge Núñez Jover (Universidad de La Habana, Cuba), León Olivé (UNAM, México), Eulalia Pérez Sedeño (CSIC, España), Carmelo Polino (Centro REDES, Argentina), Fernando Porta (Centro REDES, Argentina), Maria de Lurdes Rodrigues (ISCTE, Portugal), Francisco Sagasti (Agenda Perú), José Manuel Sánchez Ron (Universidad Autónoma de Madrid, España), Judith Sutz (Universidad de la República, Uruguay), Jesús Vega (Universidad Autónoma de Madrid, España), Carlos Vogt (Unicamp, Brasil)

Secretario Editorial

Manuel Crespo

Diseño y diagramación

Jorge Abot y Florencia Abot Glenz

2

CTS - Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad
Edición cuatrimestral**Secretaría Editorial - Centro REDES**

Mansilla 2698, 2º piso
(C1425BPD) Buenos Aires, Argentina
Tel./Fax: (54 11) 4963-7878/8811
Correo electrónico: secretaria@revistacts.net

ISSN online: 1850-0013

Volumen 11 - Número 33

Septiembre de 2016

CTS es una publicación académica del campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Publica trabajos originales e inéditos que abordan las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad, desde una perspectiva plural e interdisciplinaria y con una mirada iberoamericana. *CTS* está abierta a diversos enfoques relevantes para este campo: política y gestión del conocimiento, sociología de la ciencia y la tecnología, filosofía de la ciencia y la tecnología, economía de la innovación y el cambio tecnológico, aspectos éticos de la investigación en ciencia y tecnología, sociedad del conocimiento, cultura científica y percepción pública de la ciencia, educación superior, entre otros. El objetivo de *CTS* es promover la reflexión sobre la articulación entre ciencia, tecnología y sociedad, así como también ampliar los debates en este campo hacia académicos, expertos, funcionarios y público interesado. *CTS* se publica con periodicidad cuatrimestral.

CTS está incluida en:

Dialnet
EBSCO
International Bibliography of the Social Sciences (IBSS)
Latindex
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe (REDALYC)
SciELO

CTS forma parte de la colección del Núcleo Básico de Revistas Científicas Argentinas.



REVISTA IBEROAMERICANA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Índice

Editorial 5

Artículos

3

**Lógicas y modos de producción de conocimiento en política educativa.
Análisis de la investigación producida en Chile (2000–2011)**

Cristóbal Villalobos, Alejandro Band, Marioly Torres y Soledad González 9

A Anomalia da Política de C&T e sua Atipicidade Periférica

Renato Dagnino 33

Dossier

Presentación

Juan Carlos Toscano, Mariano Martín Gordillo y Álvaro Restrepo 67

**Ponto de Ruptura Civilizatória: a Pertinência de uma
Educação “Desobediente”**

Walter Antonio Bazzo 73

**Cinco Orientações para o Ensino das Ciências: a Dimensão CTS no
Cruzamento da Didática e de Políticas Educativas Internacionais**

Alcina Mendes e Isabel P. Martins 93

**La ciencia, el futuro y las aulas: algunas propuestas
didácticas sobre prospectiva**

Mariano Martín Gordillo 113

	Educação em Ciências e Matemática com Orientação CTS Promotora do Pensamento Crítico	
	Celina Tenreiro-Vieira e Rui Marques Vieira	143
	La formación de los ingenieros para participar con las comunidades en temas tecnológicos: consideraciones a partir de la gestión del agua	
	Carlos Osorio Marulanda	161
	Práticas Integradas de Educação em Ciências: um Programa de Formação Contínua para Professores com Cariz CTS	
	Ana V. Rodrigues e Patrícia João	181
	Uso de la historia de la ciencia para comprender aspectos de la naturaleza de la ciencia. Fundamentación de una propuesta basada en la controversia Pasteur <i>versus</i> Liebig sobre la fermentación	
	José Antonio Acevedo-Díaz y Antonio García-Carmona	203
	Las actitudes hacia las matemáticas en estudiantes y maestros de educación infantil y primaria: revisión de la adecuación de una escala para su medida	
	Raquel Fernández César, Natalia Solano Pinto, Karina Rizzo, Ariadna Gomezescobar Camino, Luis Miguel Iglesias y Alejandro Espinosa	227
4	Fóruns de Negociações Simulados no Ensino de Engenharia: Análise de uma Estratégia Didática	
	Vágner Ricardo de Araújo Pereira e Carlos Roberto Massao Hayashi	239
	Redes Sociais Formadas pela Revista CTS: uma Análise dos Doze Primeiros Anos de Publicações	
	Thiago Brañas de Melo, Fernanda Pontes, Bruno Böck, Carlos Toledo e Alvaro Chrispino	267

Al cierre de su undécimo volumen, la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad* (CTS) insiste en su vocación fundacional de analizar y buscar soluciones para alcanzar una mejor articulación entre la ciencia y la sociedad en los países iberoamericanos, así como también fomentar el diálogo y abrir el debate sobre estos importantes temas.

En esta oportunidad, presentamos a nuestros lectores un amplio abanico de contribuciones realizadas por distintos investigadores de Brasil, Chile, España, Portugal y Colombia, entre otros países.

5

Nuestra tradicional sección *Artículos* cuenta esta vez con dos trabajos de distinta procedencia y temática. “Lógicas y modos de producción de conocimiento en política educativa. Análisis de la investigación producida en Chile (2000–2011)” -texto firmado por Cristóbal Villalobos, Alejandro Band, Marioly Torres y Soledad González- procura caracterizar las investigaciones sobre política educativa que se llevaron a cabo en el país trasandino durante los primeros doce años del siglo XXI. Los autores del estudio hacen un relevo de las particularidades de las investigaciones que surgieron del Estado, la Academia y lo que podría pensarse como un modelo mixto de producción del conocimiento. De acuerdo con Villalobos *et al.*, tras el estudio de las semejanzas y diferencias que existen entre los modelos en términos de metodología, se avizora en Chile un proceso de consolidación y complejización del campo de investigación sobre política educativa.

Cierra la sección “A Anomalia da Política de C&T e sua Atipicidade Periférica”, artículo de Renato Dagnino. Según su autor, las características de la política de ciencia y tecnología (PCT) de los países situados en la periferia del capitalismo, como es el caso de los latinoamericanos, resultan de la composición de dos dinámicas, una inherente a la PCT en tanto política pública y otra derivada de su condición periférica. La primera, de naturaleza genérica, puede encontrarse “en estado puro” explotada en los países avanzados. La segunda dinámica muestra a los actores involucrados en la implementación de la PCT -en función del contexto económico-social y político

periférico en el que se encuentran- con comportamientos sistemáticamente divergentes no sólo a los observados en los países avanzados, sino también a lo que se espera de ellos en el momento de formulación de la PCT.

El monográfico de este número, titulado “Nuevos desafíos en la enseñanza de las ciencias, la matemática y la tecnología”, surge del esfuerzo que la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) viene imprimiendo al trabajo realizado en su área de ciencia desde 1997, año en que se vinculó la Semana Iberoamericana de Educación, que había iniciado su recorrido cinco años antes, a un tema que por entonces era nuevo: la ciencia, tecnología y sociedad en la educación. La ciencia, tecnología y sociedad (CTS) ha sido siempre un espacio importante para la OEI, pero en esa mirada no podía dejar de contemplarse el ámbito educativo, un espacio natural de su actuar.

En su presentación, los coordinadores del dossier señalan que la trayectoria CTS en la OEI coincide con la primera expansión de Internet en la sociedad. 1997 es el año en que nace Google: su dominio fue registrado casi al mismo tiempo en que se cursaban las primeras invitaciones para la VI Semana Iberoamericana. Aunque casual, este paralelismo no deja de ser sintomático. Actualmente, la OEI tiene una Comunidad de Educadores con casi 5000 miembros que comparten con sus estudiantes los materiales que van desarrollando. Se trata de una comunidad 100% virtual que colabora y se proyecta desde Internet.

6 La presencia de *CTS* en Internet también es considerable, no sólo a partir de una presencia intensa en las redes sociales y el intercambio constante con lectores y autores, sino también por la decisión editorial de publicar sus contenidos en formato electrónico y con total respeto por las normas de acceso abierto. Sumado a esto, *CTS* siempre ha tenido un lugar especial para la educación CTS, tema al que ya dedicó un monográfico en su sexto número.

Realizar desde *CTS* y la Cátedra Ibérica CTS+I (Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación) un nuevo dossier sobre esta temática es una consecuencia directa a la celebración del V Seminario Iberoamericano, evento que se llevó a cabo en julio de 2016 en Aveiro, Portugal, y de cuya programación se extraen, en forma de artículos académicos, muchas de las presentaciones realizadas allí por los investigadores incluidos en el monográfico.

Con la presente edición, *CTS* aspira a brindar los medios indispensables para tender puentes hacia los más actuales materiales de análisis que tienen lugar en los ámbitos de la ciencia, la tecnología y la sociedad en Iberoamérica. Con ese objetivo como bandera, nos despedimos de nuestros lectores hasta el número 34, cuando iniciaremos el camino de nuestro duodécimo volumen.

Los directores

ARTÍCULOS *C/S*

Lógicas y modos de producción de conocimiento en política educativa. Análisis de la investigación producida en Chile (2000–2011)

Lógicas e Modos de Produção de Conhecimento em Política Educacional. Análise da Pesquisa Produzida no Chile (2000–2011)

Logics And Knowledge Production Methods In Educational Policy. Analysis Of Research Produced In Chile (2000–2011)

Cristóbal Villalobos, Alejandro Band, Marioly Torres y Soledad González *

Como una forma de acercarse al estudio de las lógicas y modos de producción del conocimiento en Chile, este estudio caracteriza las investigaciones sobre política educativa realizadas en el país entre 2000 y 2011. A través de un análisis de contenido de distintas fuentes de información secundaria, se estudian las diferencias entre las investigaciones desarrolladas desde el Estado, la Academia y un modelo mixto de producción de las investigaciones. Los resultados muestran que existen similitudes en términos de las metodologías de investigación utilizada, pero importantes diferencias en los objetos, objetivos de investigación y aproximaciones teóricas de ambas lógicas de producción de conocimiento. Se concluye que estas diferencias podrían indicar la consolidación y complejización del campo de investigación sobre política educativa en Chile.

Palabras clave: política educativa, producción de conocimiento, relación Estado-Academia

**Cristóbal Villalobos*: investigador, Centro de Estudios de Políticas y Prácticas en Educación (CEPPE), Pontificia Universidad Católica de Chile. Correo electrónico: cristobal.villalobos@gmail.com. *Alejandro Band*: asistente de Investigación, Centro de Políticas Comparadas de Educación (CPCE), Universidad Diego Portales, Chile. Correo electrónico: aaband@uc.cl. *Marioly Torres*: asistente de investigación, Centro de Políticas Comparadas de Educación (CPCE), Universidad Diego Portales, Chile. Correo electrónico: matorre3@uc.cl. *Soledad González*: investigadora, Centro de Políticas Comparadas de Educación (CPCE), Universidad Diego Portales, Chile. Correo electrónico: soledad.gonzalez@cpce.cl.

Como forma de aproximação ao estudo das lógicas e modos de produção do conhecimento no Chile, este estudo caracteriza as pesquisas sobre política educacional realizadas no país entre 2000 e 2011. Através de uma análise de conteúdo de diversas fontes de informação secundária, são estudadas as diferenças entre as pesquisas desenvolvidas pelo Estado, a Academia e um modelo misto de produção de pesquisas. Os resultados apontam que há semelhanças em termos das metodologias de pesquisa utilizadas, porém, importantes diferenças nos objetos, objetivos de pesquisa e aproximações teóricas de ambas as lógicas de produção de conhecimento. Conclui-se que estas diferenças poderiam indicar a consolidação e complexificação do campo de pesquisa sobre política educacional no Chile.

Palavras-chave: política educacional, produção de conhecimento, relação Estado-Academia

As a way to approach the study of logics and knowledge production methods in Chile, this paper characterizes the research on educational policy conducted in this country between 2000 and 2011. Through the analysis of content provided by different secondary information sources, it studies differences between the research carried out by the State, the Academia and a mixed model of research production. The results reveal that there are similarities in terms of research methodologies, but there are also major differences in the objects, research objectives and theoretical approaches of both knowledge production logics. Therefore, it follows that these differences might indicate the consolidation and an increasing complexity in the research field of educational policies in Chile.

Key words: educational policy, knowledge production, State-Academia relationship

Introducción

¿Cómo se produce el conocimiento? Históricamente, esta pregunta ha generado importantes debates entre científicos, cientistas sociales y filósofos, siendo uno de los temas de análisis más recurrentes de la epistemología contemporánea (Padrón, 2007). Al respecto se han realizado estudios que han buscado profundizar y entender los cambios en la producción del conocimiento que se gestaría en las sociedades de la información (Castells, 1999), los cambios en la ciencia que se producirían por y desde las transformaciones en los modelos de organización societal (Campbell y Pedersen, 2005; Preste, 2003), las modificaciones en la configuración de las disciplinas (Wallestein, 1996) o las modificaciones en el conocimiento producto de las transformaciones en las instituciones universitarias (Clark, 1983; Pekkola, 2014).

Una de las teorías más interesantes y difundidas a este respecto es la desarrollada por Michael Gibbons. A partir de los cambios en las formas de producción científica de las universidades occidentales, Gibbons (1998) propone un modelo teórico donde contrasta dos modos de producción de conocimiento: el Modo 1, tradicional al espacio universitario; y el Modo 2, emergente en la era de la información. A diferencia del Modo 1, el Modo 2 se caracterizaría por producir conocimiento en contextos multidisciplinares, por enfatizar el rol de las redes sociales y el aprendizaje colaborativo, por el desarrollo de procesos de reflexividad y por el desarrollo de procesos de evaluación no centrados únicamente en la calidad científica del conocimiento, sino también en su valor social y económico (Gibbons *et al.*, 1994).

A pesar de su simplicidad, este esquema permite preguntarnos: ¿cuáles son los modos de producción que se desarrollan actualmente en las distintas sociedades? ¿De qué forma estos modos de producción se relacionan con los espacios donde este conocimiento se produce? En nuestro caso, intentaremos responder a estas preguntas enfocándonos en un país específico, Chile, y en un área de producción de conocimiento particular, la política educativa. De esta manera, se buscará analizar la lógica y los modos de producción de conocimiento desarrollados en el país durante los últimos años, estudiando las lógicas, características y posibles factores intervinientes en estos procesos.

Para dar cuenta de estos objetivos, el artículo se organiza en torno a tres apartados, adicionales a esta introducción. En el primer apartado se da cuenta de los principales antecedentes de la investigación, dando cuenta de la importancia de dos actores -el Estado y la Academia- en la producción de conocimiento, la especificidad del campo educativo y las investigaciones que en este se producen y el estado del arte respecto de la discusión sobre modos de producción y política educativa en Chile. Posteriormente, el segundo apartado describe los principales elementos metodológicos de la investigación, detallando la forma de extracción y análisis de datos, las variables más relevantes y el método de análisis de los resultados. El tercer apartado despliega los principales resultados de la investigación, que se centraron en responder a tres preguntas: cómo se investiga, qué se investiga y cómo se investiga en política educativa, distinguiendo tres modos de producción de conocimiento: i) el desarrollado por el Estado; ii) el desarrollado por la Academia; y iii) el desarrollo con lógicas mixtas. Finalmente, y a partir de los apartados anteriores, se detallan algunas

conclusiones interesantes para la política educacional chilena, la sociología del conocimiento y las políticas públicas.

1. Antecedentes

1.1. Dos actores en la producción de conocimiento: la Academia y el Estado

Desde la década de los 70, distintos investigadores han estudiado la profundización de las lógicas del capitalismo en el espacio científico, especialmente a partir de la profundización de la competencia como eje crítico de la ciencia (Brunner y Flisfisch, 2014), configurando lo que ha denominado bajo el rótulo de “capitalismo académico” (Slaughter y Leslie, 1997). Con este concepto, se busca remarcar la idea de que el conocimiento estaría –al igual que muchas esferas de la vida societal- estructurado en torno a la lógica de la oferta y la demanda, consolidando así un mercado de las ideas cada vez más internacionalizado, universal y competitivo (Ball, 1997; Olssen y Peters, 2005). En este contexto, es posible reconocer el rol central de dos actores en la producción de conocimiento contemporánea: el Estado y la Academia.

Por una parte, es claro que el Estado es y ha sido históricamente uno de los actores centrales en la producción de conocimiento. Si bien las tradiciones marxistas y weberianas han destacado a mediados del siglo XIX el rol del conocimiento producido estatalmente como un legitimador de la clase dominante (Marx) o como un agente implementador de las lógicas burocráticas y racionalizadoras (Weber) del conocimiento (Isuani, 1979), la novedad de los procesos contemporáneos es la consolidación del Estado como un productor de conocimiento científico con el objetivo de asegurar la soberanía y la disciplina de los sujetos mediante el ejercicio del poder sobre las poblaciones (Foucault, 1999b y 2007). De esta forma, no se trata de generar conocimientos para controlar directamente a las poblaciones o para ejercer el dominio de una clase o un grupo, sino de producir conocimiento que permita a los gobernantes conocer las conductas que son más deseables para el conjunto de los ciudadanos, generando así procesos de gubernamentalidad, que permitan controlar a distancia las actitudes de la población (Foucault, 1999a).

Las vías o los mecanismos a partir de los cuales el Estado ejerce este poder pueden ser múltiples y no necesariamente excluyentes. Para algunos, lo fundamental es la utilización de investigaciones y cálculos cuantitativos y cualitativos, que permitan a los agentes estatales tener mayor información sobre las personas, sociedades y localidades (Rose, 1999). Para otros, el conocimiento producido estatalmente influye directamente a través de la transformación de la realidad social, mediante la consolidación de conceptos, ideas y formas de entender el mundo que impactan en la realidad que pretenden observar, a través de iterativos procesos de performatividad (Ramos, 2014). Finalmente, también es posible reconocer en la producción de conocimiento un rol utilitario del Estado, donde, a partir de la entrega de información, datos, estudios e investigaciones, permite generar mecanismos de eficiencia, racionalidad, focalización y evaluación de las acciones gubernamentales (Ihl y Kalusznski, 2002).

Por otra parte, es evidente que la Academia es un segundo agente relevante en la producción de conocimiento. Históricamente, se concibió a los académicos e intelectuales como un grupo nuclear en la producción de conocimiento, frecuentemente alejados del poder político y de influencias sociales y enfocados en la búsqueda de la verdad. Sin embargo, esta idea será fuertemente cuestionada desde mediados del siglo XX, a través de estudios que mostrarán a los académicos como portadores de valores e ideologías (Dosse, 2003), o como sujetos que realizan acciones estratégicas en determinados campos sociales (Brunner y Flisfisch, 2014) y que, por lo tanto, eran actores absortos en múltiples redes de poder imbricadas en la trama social, económica, cultural y, por supuesto, política (Baud y Rutten, 2004).

Esto lleva a pensar en nuevas formas de entender la forma de producción del conocimiento desde la Academia, destacando los procesos de lucha que se darían por adquirir mejores posiciones, utilizando la investigación como un arma de conquista posicional (Corvalán, 2014), lo que, como contrapartida, provocaría que aun a quienes no les interesa investigar tiendan a dedicarse a esta labor como parte de sus proyecciones laborales (Escobar, 2007), lo que va provocando la construcción y posterior consolidación de múltiples “comunidades epistémicas”, entendidas como grupos y redes de profesionales expertos y competentes de un dominio particular que hacen un llamado autoritario a producir conocimiento que sea relevante políticamente sobre dicho dominio particular (Eyal y Buchholz, 2010). De esta manera, cada vez más la Academia produciría sus propias reglas de operación, generando espacios de reproducción de su propio ethos académico, donde la investigación se entiende más como un medio que un fin (Bourdieu, 1999 y 2008).

13

1.2. El campo de la política educativa y la producción de conocimiento

De manera sintética, podemos entender la esfera educativa como el espacio social particular donde se ponen en juego las disposiciones de conocimiento y los procesos de certificación educativa en las sociedades contemporáneas. En este sentido, el campo educativo se inserta en una estructura que incorpora los discursos, acciones, reacciones, posiciones y disposiciones de los actores y que se organiza en torno a la producción y reproducción del capital cultural institucionalizado (Bourdieu, 1997). Este campo no es, sin embargo, un espacio homogéneo, autónomo ni unificado. Como remarcan diversos investigadores (Corvalán, 2012; Mendes, Barbara y Pereira, 2005), el campo educativo es un entramado complejo de relaciones, actores e instituciones que interactúan históricamente de manera diversa en las distintas sociedades para organizar un espacio de luchas por el capital cultural institucionalizado pero que, en este proceso, produce y reproduce las relaciones y posiciones sociales de las sociedades (Bourdieu y Passeron, 1984). Esto implica que la educación y los conocimientos que se realizan sobre ella no son nunca un proceso aséptico o separado de la realidad social, sino que se constituyen fundamentalmente como un espacio en constante discusión con la producción y la reproducción de la realidad social. Adicionalmente, la relación entre educación y conocimiento es paradójica, pues el conocimiento que se produce sobre este campo es, al mismo tiempo, inevitablemente un producto y un resultado del proceso de operación del campo. Al igual que la sociología y otras ciencias sociales (Ramos, 2012), el

conocimiento sobre educación es siempre recursivo y, en cierta medida, performativo. Finalmente, en el caso chileno la educación se ha constituido históricamente más como un campo que como una disciplina (Corvalán, 2014), lo que hace que, en el seno de los procesos de producción del campo educativo, converjan múltiples formas de análisis, metodologías de estudio, acercamientos epistemológicos y perspectivas conceptuales.

Estas tres características de la producción del conocimiento en la esfera educativa -su íntima relación con la reproducción social, su performatividad y recursividad respecto de su objeto de investigación y su constitución como campo más que como disciplina- hacen del conocimiento sobre la educación un espacio particularmente problemático para el estudio de las lógicas de producción del conocimiento, y especialmente respecto de la política educativa, entendida como el área particular de estudios de la educación que se ocupa sobre las relaciones estructurales, institucionales y accionales del campo educativo.

Al respecto, diversas investigaciones han mostrado cómo la relación entre la política educativa y el conocimiento que se produce en esta se ha mostrado históricamente tensionado por la injerencia del Estado y de la Academia por vías y caminos múltiples, sobretudo en la época contemporánea, basada en la aplicación de políticas basadas en evidencia (Lingard, 2013). Así, mientras para algunos el cambio central de las últimas décadas es que la investigación académica ha empezado a jugar un rol cada vez más débil, dado que el juego decisorio dentro de la política educativa se ha vuelto más intenso (Brunner, 1993), para otros la Academia sigue siendo un actor central en la constitución de las decisiones de políticas educativas, especialmente en América Latina (Rivero, 1994). Sea como sea, todos coinciden en indicar que el conocimiento sobre política educativa ha cambiado enormemente durante las últimas décadas, lo que ha implicado que los productores de investigaciones han tenido que modificar su rol y sus perspectivas acerca de la generación de conocimiento. De esta manera, los investigadores de la región -ya sea de la Academia o del Estado- han coincidido que la producción de conocimiento en la política educativa ha debido modificar sus enfoques, orientándose a problemas más concretos (Brunner, 1993), diversificando sus objetivos y capacidades de análisis (Pacheco, 2012) y orientando sus temáticas, que se han focalizado cada vez más en ámbitos como el currículum, el acceso a la educación y la organización escolar (Miñana, 2002).

1.3. Análisis sobre la producción de conocimiento en Chile. Un ámbito emergente

En Chile se han realizado numerosos aunque no suficientes estudios sobre la producción de conocimiento. En general, éstos han abordado el problema focalizándose en los cambios de estos procesos en distintos periodos históricos. Así, los estudios de Garretón (1978, 1989, 2005 y 2015) y Brunner (1985 y 1993) dan cuenta de la evolución de la investigación en el área de las ciencias sociales, mostrando los paradigmas y a los proyectos intelectuales de esta área en los

sesentas y setentas (Garretón, 1978), en el periodo de la dictadura (Brunner, 1985; Garretón, 1989) o en la época democrática (Garretón, 2005 y 2015). Esta visión histórica también ha sido analizada en el ámbito de la educación, donde se han destacado las relaciones entre los procesos históricos y los procesos educativos en distintos momentos históricos (Briones, 1990; Picazo, 2001; Tellez, 2011).

En la actualidad, las investigaciones sobre la producción de conocimiento en el país han seguido concentrándose principalmente en las ciencias sociales. Así, un estudio de Ramos, Canales y Palestini (2008) analiza las fuentes y lógicas de construcción de la producción científica durante la última década, dando cuenta de importantes diferencias disciplinares y pocos niveles de colaboración multidisciplinar. En esta misma línea, el estudio de Santos (2012) muestra el impacto de los concursos de investigación en la filosofía, los que estarían generando procesos de elitización y focalización temática crecientes. Por otra parte, la investigación de Garretón, Cruz y Espinoza (2010) se centra en analizar la investigación científica desarrollada desde el Estado, dando cuenta de las múltiples influencias que existirían en el campo social y la determinación que los agentes estatales desarrollarían sobre la forma y contenido de la investigación.

En el ámbito educativo, la investigación contemporánea ha sido más escasa, pudiendo reconocerse principalmente tres importantes antecedentes. Por una parte, un trabajo realizado por investigadores del Centro de Investigación y Desarrollo de la Universidad Alberto Hurtado (2007) sistematizó todas las investigaciones que se realizaron entre 1995 y 2007 en torno a temáticas desarrolladas, fuentes de financiamiento e investigadores involucrados, buscando describir el campo de investigación educativa. En segundo lugar, un estudio de Brunner y Salazar (2009) analizó las investigaciones educativas desde una perspectiva bibliométrica, dando cuenta del creciente proceso de isificación que estaría sufriendo la producción académica del país. Finalmente, el estudio de Cisternas (2011) se focalizó en un área específica del campo educativo –la formación de profesores–, estudiando el creciente proceso de producción de conocimiento e investigación en este ámbito. A pesar de su importancia, estos estudios no han analizado los modos de producción de conocimiento en el campo educativo, objetivo central de esta investigación.

15

2. Metodología

Para analizar la lógica y los modos de producción de conocimiento en Chile, en el último tiempo se decidió acotar el análisis a un ámbito específico: la política educativa. Por política educativa se entendieron todas las acciones generadas por el Estado, agentes educativos u otros actores orientadas a mantener o transformar aspectos institucionales, de funcionamiento, de institucionalidad o de organización de los sistemas educativos (Espinoza, 2009; Paviglianiti, 1993). De esta manera, investigaciones sobre ámbitos curriculares, pedagógicos o didácticos de la enseñanza, o estudios que abordaran los métodos de enseñanza, los procesos cognitivos y los procesos psicológicos de los estudiantes, no fueron consideradas

como parte del análisis.¹ Tampoco fueron consideradas investigaciones que no tuvieran como objeto central el sistema educativo chileno. Asimismo, se decidió acotar en términos temporales la búsqueda sólo a proyectos adjudicados entre 2000 y 2011.

Para diferenciar los modos de producción de conocimiento, se distinguió entre los dos principales actores anteriormente mencionados: el Estado y la Academia. Adicionalmente, y para categorizar las investigaciones seleccionadas, se distinguió entre dos fases relevantes para el desarrollo de cualquier investigación: por una parte, la propuesta de investigación y el agente que la desarrolla (¿quién propone el tema a investigar?); y por otra, la evaluación y adjudicación, así como también el agente encargado de este proceso (¿quién evalúa y adjudica las investigaciones?). De la combinación de estas fases y actores, se crearon cuatro tipologías, tal como se muestra en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Proceso de clasificación de investigaciones

		¿Quién propone la investigación a realizar?	
		Estado	Academia
¿Quién evalúa y adjudica las investigaciones?	Estado	Concurso con criterio estatal (Modo I)	Concurso con criterio estatal mediado por la Academia (Modo II)
	Academia	Concurso con criterio académico mediado por el Estado (Modo IV)	Concurso con criterio académico (Modo III)

16

Fuente: elaboración propia

Desde este esquema, se pueden visualizar cuatro posibles modos de producción de la investigación. En dos de estos (Modo I y Modo III) es solo un agente el que desarrolla todo el proceso de proposición y adjudicación de la investigación. Por el contrario, en los otros dos modos (Modo II y IV) los mecanismos son híbridos, ya que las funciones de proposición, adjudicación y evaluación son compartidas entre Estado y Academia. En nuestra investigación, se identificaron investigaciones que se asemejaban sólo a tres de estos cuatro mecanismos, no existiendo en Chile mayores

1. Fueron incluidas investigaciones que en el título, resumen o palabras clave contuvieran términos relacionados con la política educativa, como "instituciones educativas", "sistema educativo", "reformas educativas", "eficiencia educativa", "eficacia educativa", "gestión educativa", "evaluación educativa", "programas educativos" "calidad educativa" y "resultados educativos".

investigaciones en política educativa que pudieran responder a la idea de concurso con criterio académico mediado por el Estado (Modo IV).

En el caso del concurso con criterio estatal (Modo I), se seleccionaron todas las evaluaciones, licitaciones y proyectos realizados solicitados y evaluados directamente por el Ministerio de Educación (MINEDUC), principal agente estatal encargado de la política educativa.² Por otra parte, el concurso con criterio académico (Modo III), que se define como aquel en donde los propios académicos proponen los temas y generan, además, un sistema de evaluación y asignación de estos, se seleccionaron las investigaciones desarrolladas a partir del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt) en sus distintas versiones (Fondecyt Regular, Fondecyt de Iniciación y Fondecyt de Posdoctorados), considerando tanto los objetivos de investigación del concurso como su forma de implementación (Santos, 2012).³ Finalmente, el modo “híbrido” considerado, denominado concurso con criterio estatal mediado por la Academia (Modo II), definido como aquel en donde los académicos los que proponen los temas y los agentes estatales los que definen los concursos, se decidió analizar desde las investigaciones producidas por el Fondo de Investigación y Desarrollo en Educación (FONIDE) del MINEDUC, que puede considerarse un ejemplo preciso de este modelo, pues es un fondo abierto a los investigadores que deben proponer estudios en diversas índoles, pero donde un comité técnico del propio Ministerio es el que evalúa y adjudica los fondos.

De esta forma, los modos de producción fueron asimilados a distintos concursos de investigación sobre la política educativa, que permitieron distinguir entre el rol que la Academia y el Estado tendrían en este proceso, tanto en la proposición de la investigación como en la evaluación y adjudicación de la misma, como se esquematiza en la **Tabla 2**.

17

2. Siguiendo a Garretón *et al.* (2010), la mayor parte de las investigaciones estatales relacionadas con educación fueron desarrolladas por el Ministerio de Educación. Por ello, fueron descartadas posibles investigaciones realizadas de otros ministerios e instituciones públicas, como la SEGPRES, MDS, JUNJI, JUNAEB y MINSAL.

3. Fueron excluidos de la muestra estudios sobre política educativa realizados o contratados otros fondos concursables existentes en el país (FONDEF, ICM, Anillos y Núcleos), especialmente por dos razones: i) debido a la baja cantidad de proyectos de este tipo relacionados con la política educativa; y ii) debido a que, en muchos casos, estos eran programas de investigación más que proyectos de investigación.

Tabla 2. Clasificación de investigaciones y concursos en política educativa

		¿Quién propone la investigación a realizar?	
		Estado	Academia
¿Quién evalúa y adjudica las investigaciones?	Estado	Concurso con criterio Estatal (Licitaciones MINEDUC)	Concurso con criterio Estatal mediado por la Academia (Concurso FONIDE)
	Academia		Concurso con criterio Académico (Concursos Fondecyt)

Fuente: elaboración propia

18

Una vez seleccionadas y clasificadas las investigaciones, se analizaron los informes finales de todos los proyectos, mediante la técnica de análisis de contenido. Esta metodología busca formular, a partir de ciertos datos, inferencias sobre textos, medios u objetos, mediante la captura y extracción de información objetivada y validada sobre un cierto producto social (Krippendorff, 1990). La codificación de la información fue realizada por dos investigadores de manera paralela, y se centró en indagar en tres preguntas respecto de las investigaciones: i) ¿qué se investiga?; ii) ¿quién investiga?; y iii) ¿cómo se investiga?

Para responder a la pregunta por el contenido de las investigaciones, se analizaron las temáticas de investigación y el nivel educativo de estos estudios. Para analizar la temática, estas fueron agrupadas en siete grandes grupos: i) calidad educativa y herramientas de gestión y apoyo; ii) equidad y desigualdad educativa; iii) factores asociados al rendimiento escolar; iv) análisis comparado y sistema educativo; v) Institucionalidad educativa; vi) financiamiento educativo; y vii) medición educacional.⁴ Respecto del nivel educativo, se consideraron los niveles parvulario, básico, media y superior, así como aquellas investigaciones transversales del conjunto de los niveles.

Para responder a la pregunta por los actores involucrados en los estudios, se analizaron las características de los investigadores y de las instituciones involucradas en el proceso de producción de conocimiento. Finalmente, para estudiar las características de las investigaciones, se analizó una serie de aspectos tanto del sentido como de la metodología desarrollada. Así, se clasificaron los objetivos de las

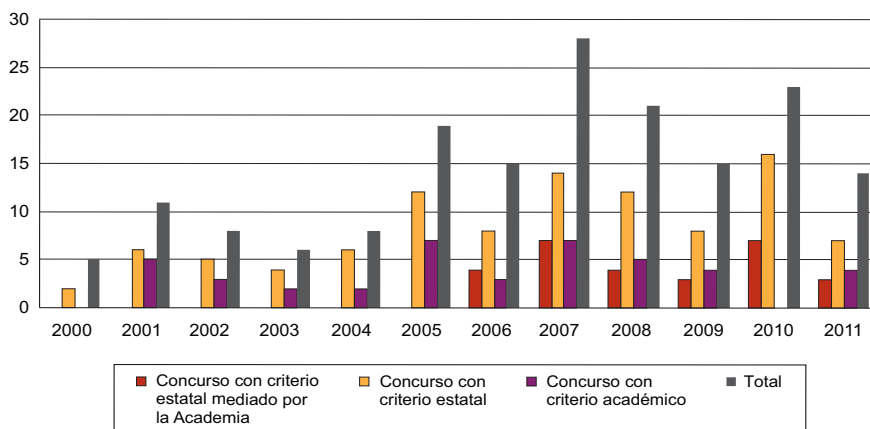
4. La agrupación temática fue realizada posterior a la revisión de la investigación utilizando las palabras claves de las investigaciones como foco analítico.

investigaciones siguiendo la clasificación de Ramos *et al.* (2008), que distinguían cinco propósitos de la investigación: i) describir; ii) interpretar/comprender; iii) explicar; iv) evaluar; y v) diseñar/proponer. Además, se analizó la presencia o ausencia de marcos analíticos del estudio, así como el nivel de uso de la teoría realizado. En términos metodológicos, se estudió el procedimiento de análisis de las investigaciones (cualitativo, cuantitativo o mixto) y las técnicas de recolección de información utilizadas.

3. Resultados

En total fueron revisadas 173 investigaciones en políticas educativas: 28 proyectos asignados a través del concurso público con criterio estatal mediado por la Academia (Modo II), 100 estudios asignados mediante concurso público con criterio estatal (Modo I) y 45 investigaciones asignadas por medio de concurso público con criterio académico (Modo III). En suma, durante el periodo estudiado 128 investigaciones sobre políticas educativas, equivalentes a un 74% del total, fueron asignadas con criterio estatal.

Gráfico 1. Número de proyectos de investigación sobre políticas educativas adjudicados entre 2000 y 2011 según tipo de mecanismo



Fuente: elaboración propia

El **Gráfico 1** muestra el número de proyectos de investigación sobre políticas educativas adjudicados entre 2000 y 2011 según tipo de mecanismo de asignación de recursos. En 2000 fueron seleccionados un total de cinco estudios en el ámbito de las políticas educativas, pero a partir de 2005 se observa que el número de investigaciones asignadas en dicho ámbito se consolida y se mantiene sobre los 14

proyectos cada año, llegando a un máximo de 28 estudios en 2007. Con la excepción de 2005, los estudios adjudicados a través de las licitaciones del MINEDUC (Modo I) representan siempre más del 50% de las investigaciones en políticas educativas, pues se incluyen aquí evaluaciones de programas e intervenciones educativas, lo que podría estar dando cuenta, de manera similar a lo mostrado por Garretón *et al.* (2010) para las ciencias sociales, de la centralidad del Estado como agente de producción de conocimiento respecto del ámbito educativo.

3.1. El contenido de las investigaciones: ¿qué se investiga?

Una primera pregunta a abordar dice relación con el contenido de las investigaciones en política educativa. La **Tabla 3** muestra que la mayoría de las investigaciones analizadas (cerca del 75%) abordan el nivel escolar, que comprende la educación básica y la educación media. Sobre el nivel inicial o parvulario se registran sólo 12 estudios en el periodo (9%), mientras que sobre el nivel terciario se identificaron 23 estudios (16%). Cabe destacar que en el periodo analizado, el Modo II, que es un híbrido de la lógica del Estado y la Academia, financió 25 estudios sobre políticas educativas referidos a algún nivel específico del sistema, 22 sobre el nivel escolar, 3 sobre el nivel terciario y ninguno sobre el nivel inicial. Adicionalmente, los datos muestran que los estudios sobre el nivel inicial fueron financiados mediante licitaciones del Estado (10) y, en mucha menor medida, por la Academia (2).

20

Tabla 3. Distribución de proyectos de investigación en políticas educativas según nivel educacional abordado y tipo de mecanismo (2000-2011)

Nivel	Modo I (Mineduc)	Modo II (FONIDE)	Modo III (Fondecyt)	Total
Educación inicial	13%	0%	6%	9%
Educación escolar (básica y media)	76%	88%	64%	75%
Educación superior	11%	12%	31%	16%
Total	100%	100%	100%	100%
	80	25	36	141

Fuente: elaboración propia

La baja presencia de estudios sobre políticas para la educación parvularia es señal de que sólo recientemente éste nivel se ha vuelto relevante en la agenda de políticas educativas (Picazo, 2014). En efecto, sólo a partir de 2005 se comienzan a identificar investigaciones para este nivel educativo. Algo similar ocurre con la educación superior, que paulatinamente se va consolidando como un campo de investigación particular, pero que aún es desarrollado por un núcleo reducido de investigadores y de centros de investigación (Bernasconi, 2014).

Ahora bien, con respecto a los contenidos de las investigaciones, la **Tabla 4** resume los resultados según áreas temáticas y tipos de mecanismo de producción de conocimiento. Se observa que más de la mitad de los estudios sobre políticas educativas analizados se concentra en el área de calidad educativa y herramientas de apoyo, seguida por las áreas de equidad y desigualdad educativa y factores asociados al rendimiento escolar. En conjunto, estas tres áreas temáticas concentran el 84% de las investigaciones.

Tabla 4. Porcentaje de estudios sobre políticas educativas según áreas temáticas abordadas y tipos de mecanismos de adjudicación (2000-2011)

Áreas temáticas	Modo I (Mineduc)	Modo II (FONIDE)	Modo III (Fondecyt)	Total
Calidad educativa y herramientas de gestión	53%	54%	51%	53%
Equidad y desigualdad educativa	23%	14%	20%	21%
Factores asociados al rendimiento escolar	12%	14%	2%	10%
Análisis comparado y sistema educativo	4%	11%	16%	8%
Institucionalidad educativa	6%	4%	9%	6%
Financiamiento educativo	1%	0%	2%	1%
Medición educacional	1%	4%	0%	1%
Total	100%	100%	100%	100%
	100	28	45	173

21

Fuente: elaboración propia

Asimismo, no se observan diferencias relevantes entre las áreas temáticas abordadas por los estudios y los tipos de mecanismos de adjudicación de fondos, excepto por el área temática “Factores asociados al rendimiento escolar” en que sólo una proporción muy menor de proyectos se adjudica vía Fondecyt. Esta relativa homogenización temática podría estar mostrando la importancia de aspectos transversales a los mecanismos (como el contexto sociocultural o la agenda política de mediano plazo del país) en la determinación de focos de investigación particulares.

3.2. Los actores involucrados. ¿Quiénes investigan?

Un primer aspecto relevante en este punto dice relación con los investigadores involucrados y sus características. Al respecto, es importante mencionar que la gran mayoría de los primeros autores de los estudios adjudicados por alguno de los tres mecanismos cuentan en su mayoría con el grado de doctor.⁵ Así, de los 55 estudios

5. Se decidió analizar solo las características de los primeros autores de las investigaciones. Éstos corresponden a los investigadores responsables o encargados de las investigaciones.

adjudicados por el Modo I (Licitaciones MINEDUC) para los que se encuentra información, en 41 casos (74%) éstos cuentan con grado de doctor. En el caso del Modo II (FONIDE) y Modo III (Fondecyt), la tendencia a estar en posesión del grado de doctor es más marcada, lo que es lógico considerando que las bases de ambos instrumentos lo indican como un requisito para dirigir estos proyectos.

Ahora bien, en cuanto a la disciplina de procedencia de los autores, se observa (**Tabla 5**) que en el universo de investigaciones analizadas predominan los autores pertenecientes al área de las ciencias sociales (38%). En efecto, en los concursos con intervención de o asociados al Estado (Modo I y Modo II), se observa que el 39% y 48% de los proyectos adjudicados, respectivamente, corresponden a investigadores de estas disciplinas. El Modo III (Fondecyt), por su parte, adjudica en mayor proporción proyectos de políticas educativas presentados por profesionales del área de educación, lo que podría estar hablando de un proceso de especialización o auto-selección producido en la Academia, relacionando un tipo de certificación académica (la educativa) con un objeto de investigación (la política educativa). Además, es interesante destacar la importante presencia de economistas y profesionales de las políticas públicas que dirigen investigaciones de políticas educativas adjudicadas a través de alguno de estos tres mecanismos, especialmente a través del Modo I (Licitaciones MINEDUC). Tal como han mostrado algunos autores (Garretón, 2015; Montecinos y Markoff, 2012), esto podría estar dando cuenta de la centralidad de la profesión económica desde los años 80, donde se eleva su estatus y se consolida como una profesión dominante en el ámbito social.

22

Tabla 5. Porcentaje de estudios sobre políticas educativas según disciplina del primer autor y tipos de mecanismos de adjudicación (2000-2011)

Disciplina	Modo I (Mineduc)	Modo II (FONIDE)	Modo III (Fondecyt)	Total
Ciencias sociales	39%	48%	30%	38%
Educación	27%	19%	37%	29%
Economía y políticas públicas	30%	26%	21%	26%
Tecnología, ingeniería, matemática	4%	4%	9%	6%
Humanidades	0%	4%	2%	2%
Total	100%	100%	100%	100%
	56	27	43	126

Fuente: elaboración propia

Nota: disciplina considera el nivel académico más alto alcanzado por el primer autor de cada estudio

Adicionalmente, se exploró la intensidad de investigaciones realizadas por los autores. Al respecto, es importante notar que sólo 53 investigadores han llevado a cabo más de un estudio sobre políticas educativas a través de alguno de los mecanismos estudiados. De estos, se observa que 31 (59%) han realizado estudios

sobre políticas educativas en un único tipo de modo de producción, y que sólo uno de los autores se ha adjudicado los tres tipos de fondos en el periodo 2000-2011, lo que podría estar hablando de un proceso de especialización respecto del tipo de fondo entre los investigadores del campo.

Siguiendo ahora con las instituciones a las que pertenecen los investigadores, se realizó un análisis según el tipo de institución, continuando la definición de Jiménez y Lagos (2011), que distinguen entre universidades de investigación, universidades selectivas y universidades no selectivas.⁶ Se encontró que un 37% de las investigaciones en el periodo 2000-2011 se ejecutaron en universidades de investigación, un 20% en universidades selectivas, un 20% en organismos estatales, un 8% en centros de estudio, un 7% en universidades no selectivas y un 8% en otro tipo de instituciones, lo que se encuentra en línea con los existentes para el conjunto de la producción científica (Santelices, 2015). Ahora bien, la **Tabla 6** muestra que en el ámbito de las políticas educativas durante el periodo tienen una presencia destacada las dos universidades más importantes del país: la Pontificia Universidad Católica y la Universidad de Chile, pero que también tienen una importante participación la Universidad de Concepción (UDEC), la Universidad de Alberto Hurtado (UAH), y la consultora Asesorías para el Desarrollo (APED) y, en menor medida, la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV) y la Universidad Diego Portales (UDP).

Tabla 6. Porcentaje de investigaciones sobre políticas educativas según institución ejecutora principal y tipos de mecanismos de adjudicación (2000-2011)

23

Institución	Modo I (Mineduc)	Modo II (FONIDE)	Modo III (Fondecyt)	Total
Otras	34%	43%	34%	37%
Pontificia Universidad Católica de Chile	19%	18%	27%	21%
Universidad de Chile	18%	14%	9%	14%
Universidad Alberto Hurtado	9%	11%	5%	8%
Universidad de Concepción	3%	0%	14%	6%
Asesorías Para el Desarrollo	9%	7%	2%	6%
Pontificia Universidad Católica de Valparaíso	4%	0%	7%	4%
Universidad Diego Portales	4%	7%	2%	4%
Total	100%	100%	100%	100%
	68	28	44	140

Fuente: elaboración propia

Nota: dentro de la categoría otras, se incluyeron todas las instituciones que tuvieran menos de cinco (4% del total) de investigaciones durante el periodo

6. Al igual que con los autores, en el caso de las instituciones se decidió codificar sólo a las instituciones principales. Si bien todos los modos de producción analizados permiten alianzas entre instituciones, en todas existe una única institución responsable, que fue la que se codificó en este proceso.

Como se puede observar, sólo una institución (ADEP) no es una universidad, lo que da cuenta de la centralidad de este espacio en la producción de conocimiento en el país. Asimismo, se puede notar que tanto la UAH como la PUCV y la UDEC se especializan en mecanismos con alguna intervención del Estado, adjudicándose sobre todo en el Modo I (Licitaciones MINEDUC) y el Modo II (FONIDE), mientras que las otras universidades (PUC, UCH y UDP) diversifican sus procesos de conocimiento en los distintos modos, lo que podría estar dando cuenta de distintos énfasis en los tipos de investigación de la producción científica.

3.3. Características de las investigaciones. ¿Cómo se investiga?

Un tercer aspecto a analizar respecto de los modos de producción de conocimiento en política educativa dice relación con las características de la investigación. Al respecto, un primer aspecto analizado es el objetivo de las investigaciones. La clasificación de Ramos *et al.* (2008) se categorizó las investigaciones de acuerdo a sus objetivos, pudiendo éstas clasificarse en más de un objetivo a la vez. La **Tabla 7** muestra que, en general, las investigaciones analizadas tienen como objetivo principal describir, interpretar o conocer la realidad que estudian, lo que representa al 53% de las investigaciones. Si bien este dato sigue la tendencia analizada en décadas anteriores (Briones, 1990), es posible notar un incremento de otros objetos de investigación en el campo educativo, especialmente en lo referido a la interpretación y conocimiento de los fenómenos. Adicionalmente, es posible observar importantes diferencias en los objetivos en los distintos modos de producción, ya que mientras que en el Modo I (Licitaciones MINEDUC) el 44% de las investigaciones se concentra en objetivos relacionados con las políticas públicas (diseño, evaluación o proposición), estos objetivos son bastante menores en los otros modos de producción (12% en el caso del Modo II y 23% en el caso del Modo III).

24

Tabla 7. Porcentaje de investigaciones sobre políticas educativas según objetivo y tipos de mecanismos de adjudicación (2000-2011)

Objetivo	Modo I (Mineduc)	Modo II (FONIDE)	Modo III (Fondecyt)	Total
Describir	26%	29%	25%	26%
Interpretar/Conocer	26%	41%	19%	27%
Explicar	4%	18%	24%	12%
Evaluar	34%	5%	11%	23%
Diseñar/Proponer	10%	7%	21%	13%
Total	100%	100%	100%	100%
	187	56	84	327

Fuente: elaboración propia

Estas diferencias podrían ser explicadas por los énfasis entregados por cada modo de producción a la investigación, tal como lo describe Garretón *et al.* (2010). Desde esta perspectiva, las investigaciones provenientes del modo estatal (Modo I) privilegiarían los objetivos descriptivos, mientras que las visiones más comprensivas en el modo relacionado con la academia (Modo III), especialmente debido al público al que deben responder. Esta diferencia queda, a lo menos, en parte reafirmada cuando se analizan los procedimientos de análisis de la investigación, descritos en la **Tabla 8**. Como se puede observar, en todos los casos predominan los procedimientos mixtos de análisis, pero existe investigaciones más centradas en un tipo de análisis (cualitativo o cuantitativo) en el caso del Modo III (Fondecyt), lo que podría ser un indicio de especialización de los investigadores, y donde son especialmente relevantes el uso de las encuestas y de las entrevistas (en 53% y 48% de los casos, respectivamente).

Tabla 8. Porcentaje de investigaciones sobre políticas educativas según procedimiento de investigación y tipos de mecanismos de adjudicación (2000-2011)

Procedimiento de investigación	Modo I (Mineduc)	Modo II (FONIDE)	Modo III (Fondecyt)	Total
Cuantitativo	13%	25%	33%	20%
Cualitativo	20%	18%	23%	20%
Mixto	67%	57%	45%	60%
Total	100%	100%	100%	100%
	100	28	40	168

Fuente: elaboración propia

Una forma -no la única- de estudiar este posible proceso de especialización es a través del estudio de los niveles de autocitas de los informes. De esta manera, un alto nivel de autocitas estaría dando cuenta de una trayectoria del investigador en el campo específico de investigación. La **Tabla 9** describe la información respecto de la cantidad de autocitas según modo de producción.

Tabla 9. Porcentaje de investigaciones sobre políticas educativas según uso de autocita y tipos de mecanismos de adjudicación (2000-2011)

Uso de autocita	Modo I (Mineduc)	Modo II (FONIDE)	Modo III (Fondecyt)	Total
Sin autocita	73%	36%	17%	49%
Entre 1 y 5 autocitas	27%	54%	67%	44%
Más de 5 autocitas	0%	11%	17%	7%
Total	100	100%	100%	100%
	59	28	30	117

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar, casi el 50% de todas las investigaciones no realiza ningún tipo de autocita, lo que podría estar indicando una inexistencia de especialización académica, tal como lo indica Garretón *et al.* (2010). Junto con ello, existe una marcada diferencia en el uso de este recurso entre los distintos mecanismos, siendo utilizado en el 84% de los casos de las investigaciones realizadas en la Academia (Modo III), en contraste con el 27% utilizado en las investigaciones estatales (Modo I), pudiendo este ser un signo de la necesidad de autovalidación al interior del campo.

26

Conclusiones

Cuando se comparan con otras investigaciones (Briones, 1990; CIDE, 2007), los resultados presentados en este estudio dan cuenta de un proceso de consolidación del campo de la investigación en políticas educativas, que se expresa en un crecimiento del número de investigaciones, una mayor variedad temática de las investigaciones y una diversificación de los actores involucrados y las metodologías de investigación. Evidentemente, este proceso de consolidación se relaciona con procesos de complejización del campo, que progresivamente deja de entenderse como un espacio focalizado de estudios desarrollados por unos pocos especialistas para constituirse paulatinamente en un espacio donde diversos actores, tanto individuales como colectivos, luchan por su conquistas espacios de poder (Bourdieu, 2008).

En el caso específico de la producción de conocimiento en política educativa en Chile, es posible identificar (de modo hipotético más que comprobatorio) dos elementos que podrían estar explicando este proceso de consolidación y complejización. Por una parte, algunos resultados de la investigación, como la centralidad de temáticas como la calidad y la equidad educativa, la emergencia de los estudios sobre educación superior y primera infancia y la primacía de las miradas económicas de los problemas de políticas educativas, podrían ser un indicio de la influencia de las políticas nacionales e internacionales sobre el campo de la

investigación educativa. Siguiendo teorías más constructivistas (Knorr Cetina, 2005; Latour, 2008), esto podría estar mostrando la porosidad de la producción académica frente a la realidad social, siendo influenciada especialmente por las discusiones políticas nacionales, pero también por las directrices internacionales de instituciones como la OCDE o el Banco Mundial (Lingard y Sellar, 2013).

Junto con esto, es posible visualizar en el proceso de consolidación y complejización del campo de la investigación en política educativa algunos signos de diferenciación del campo a partir de los modos de producción estudiados. Las importantes diferencias entre disciplina de los investigadores, instituciones, objetivos de investigación y procedimientos de investigación observados entre los distintos mecanismos, revelan no sólo énfasis distintos de las lógicas de investigación generadas desde el Estado y desde la Academia, sino también una cierta especialización del campo en que autores con cierto tipo de credenciales educativas y pertenecientes a cierto tipo de instituciones tienden a concentrarse en formas de financiamiento distintas. Ello obliga a pensar en los efectos que los mecanismos de financiamiento pueden tener en las agendas y lógicas de investigación, profundizando así en los análisis de la relación entre la investigación y la realidad que esta investigación busca aprehender (Ball, 1997).

Los elementos anteriormente delineados -la porosidad del campo investigativo con respecto a la sociedad y la relación entre modo de producción e investigación educativa- abren paso a toda una agenda de investigación, que permita profundizar en los resultados (fundamentalmente descriptivos) elaborados y analizados en este estudio. Al respecto, sobresalen especialmente tres aspectos. En primer lugar, parece necesario continuar el esfuerzo realizado por Fraser, Queupuil y Muñoz (2015) en el análisis de las redes de colaboración generadas en las investigaciones sobre política educativa en Chile durante las últimas décadas, indagando en los posibles patrones, conexiones y asociaciones desarrolladas en el proceso de complejización del campo. En segundo término, y para profundizar en las posibles consecuencias performativas de los instrumentos de financiamiento sobre la investigación, parece relevante detenerse en la relación entre los procesos de postulación, adjudicación y desarrollo de las investigaciones, como una forma de analizar las posibles determinaciones que los mecanismos de financiamiento podrían estar teniendo sobre las investigaciones educativas en el país. Finalmente, parece relevante contrastar estos resultados a la luz de otras experiencias nacionales, como una forma de estudiar los efectos de las lógicas de investigación adoptadas en el país. Tal como muestran Cancino *et al.* (2014), la organización diferenciada de los modos de organización científica generan una estructura de incentivos que tiene consecuencias importantes en el modo de producción y resultados de la investigación académica, y constituye por ello un tópico relevante de análisis respecto de las investigaciones en política educativa.

Bibliografía

BALL, S. (1997): "Policy sociology and critical social research: a personal review of recent education policy and policy research", *British Educational Research Journal*, vol. 23, n° 3, pp. 257-274.

BAUD, M. y RUTTEN, R. (2004): *Popular intellectuals and social movements: Framing protest in Asia, Africa and Latin America*, Cambridge, Cambridge University Press.

BERNASCONI, A. (2014): "Policy path dependence of a research agenda: the case of Chile in the aftermath of the student revolt of 2011", *Studies in Higher Education*, vol. 39, n° 8, pp. 1405-1416.

BOURDIEU, P. (1997): *Razones prácticas. Sobre la teoría de la acción*, Barcelona, Anagrama.

BOURDIEU, P. (1999): *Intelectuales, política y poder*, Barcelona, Eudeba.

BOURDIEU, P. (2008): *Homo academicus*, Buenos Aires, Siglo XXI.

BOURDIEU, P. y PASSERON, J. C. (1984): *La reproducción. Elementos para una teoría de la enseñanza*, Madrid, Popular.

28

BRIONES, G. (1990): *Generación, diseminación y utilización del conocimiento en Educación*, Santiago, FLACSO.

BRUNNER, J. J. (1985): "La participación de los centros académicos privados", *Centro de Estudios Públicos*, n° 19, pp. 1-12.

BRUNNER, J. J. (1993): "¿Contribuye la investigación social a la toma de decisiones?", *Revista Colombiana de Educación*, n° 27.

BRUNNER, J. J. y FLISFISCH, A. (2014): *Los intelectuales y las instituciones de la cultura*, Santiago, Universidad Diego Portales.

BRUNNER, J. J. y SALAZAR, F. (2009): "La investigación Educacional en Chile: Una aproximación bibliométrica no convencional", *Documento de Trabajo*, n° 1, Santiago, Centro de Políticas Comparadas de Educación.

CAMPBELL, J. y PEDERSEN, O. (2005): "Knowledge Regimes and the varieties of Capitalism", *Working Paper*, Copenhagen, Copenhagen Business School, International Center for Business and Politics.

CANCINO, R., OROZCO, L., RUIZ, C., COLOMA, J., GARCÍA, M. y BONILLA, R. (2014): "Formas de organización de la colaboración científica en América Latina: un análisis comparativo del sistema chileno de proyectos y el sistema colombiano de grupos de investigación", en P. Kreimer, H. Vessuri, L. Velho y A. Arellano (eds.):

Perspectivas latinoamericanas en el estudio social de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad, Buenos Aires, Siglo XXI.

CASTELLS, M. (1999): *La era de la Información: Economía, Sociedad y Cultura: La sociedad red*, México DF, Siglo XXI.

CISTERNAS, T. (2011): "La Investigación sobre formación docente en Chile. Territorios explorados e inexplorados", *Calidad en la Educación*, n° 35, pp. 131-164.

CLARK, B. (1983): *The Higher Education System*, Berkeley, University of California Press.

CORVALÁN, J. (2012): "El campo educativo. Ensayo sociológico sobre su diferenciación y complejización creciente en Chile y América Latina", *Estudios Pedagógicos*, vol. 38, n° 2, pp. 287-298.

CORVALÁN, J. (2014): "La educación como (no)disciplina: consecuencias desreguladoras a nivel del doctorado en Chile", *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, n° 65, pp. 93-118.

DOSSE, F. (2003): *La marcha de las ideas: Historia de los intelectuales*, París, Ediciones Lecouverte.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO (2007): *Estado del arte de la investigación y desarrollo en educación en Chile*, Santiago, Ministerio de Educación.

29

ESCOBAR, M. (2007): "Universidad, conocimiento y subjetividad. Relaciones de saber/poder en la academia contemporánea", *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, n° 27, pp. 48-61.

ESPINOZA, O. (2009): "Reflexiones sobre los conceptos de política, políticas públicas y política educacional", *Archivos analíticos de Políticas Educativas*, vol.17, n° 8, pp. 1-13.

EYAL, G. y BUCHHOLZ, L. (2010): "From the sociology of Intellectuals to the sociology of interventions", *Annual Review of Sociology*, vol. 36, n° 1, pp. 117-137.

FOUCAULT, M. (1999a): *Estética, ética y hermenéutica*, Barcelona, Paidós.

FOUCAULT, M. (1999b): *Historia de la sexualidad 2. El uso de los placeres*, México DF, Siglo XXI.

FOUCAULT, M. (2007): *El nacimiento de la biopolítica*, México DF, Fondo de Cultura Económica.

FRASER, P., QUEUPUIL, J. P. y MUÑOZ, D. (2015): "Evaluación de redes de colaboración en investigación educacional de las instituciones chilenas", *Informe para la Política Educativa*, n° 8, Santiago, Centro de Políticas Comparadas de Educación, Universidad Diego Portales.

GARRETÓN, M. A. (1978): "Proyecto científico social y proyecto sociopolítico: esquema para una revisión crítica de la sociología en Chile", *Revista ensayos*, vol. 1, pp. 43-63.

GARRETÓN, M. A. (1989): "La evolución de las ciencias sociales en Chile y su internacionalización. Una síntesis", *Documento de Trabajo*, n° 432, Santiago, FLACSO.

GARRETÓN, M. A. (2005): "Las ciencias sociales en Chile. Institucionalización, ruptura y renacimiento", *Social Sciences in Latin America*, vol. 44, n° 2, pp. 1-40.

GARRETÓN, M. A. (2015): *Las ciencias sociales en la trama de Chile y América Latina*, Santiago, LOM.

GARRETÓN, M. A.; CRUZ, M. A. y ESPINOZA, F. (2010): "Ciencias sociales y políticas públicas en Chile: qué, cómo y para qué se investiga en el Estado", *Sociologías*, vol. 12, n° 24, pp. 76-119.

GIBBONS, M. (1998): *Higher Education relevance in the 21th Century*, Washington DC, World Bank.

GIBBONS, M., LIMOGES, C., NOWORTY, H., SCHWARTZMAN, S., SCOTT, P. y TROW, M. (1994): *The new production of knowledge. The dynamics of science and research in contemporary society*, Londres, Thousand Oaks.

IHL, O. y KALUSZNSKI, M. (2002): *Pour une sociologie historique des science de gouvernement. Reveu francaise d'administration publique*, n° 102, pp. 229-243.

ISUANI, E. (1979): *Tres enfoques sobre el concepto de Estado*, Pittsburg, Universidad de Pittsburg.

JIMENEZ, M. y LAGOS, F. (2011): *Nueva geografía de la Educación Superior y sus estudiantes. Una cartografía del sistema chileno, su actual alumnado y sus principales tendencias*, Santiago, Universidad San Sebastián.

KNORR CETINA, K. (2005): *La fabricación del conocimiento. Un ensayo sobre el carácter constructivista y contextual de la ciencia*, Buenos Aires, Universidad Nacional de Quilmes.

KRIPPENDORFF, K. (1990): *Metodología de análisis de contenido. Teoría y práctica*, Barcelona, Paidós.

LAKATOS, I. (1978): *La metodología de los programas de investigación científica*, Madrid, Alianza.

LATOUR, B. (2008): *Re-ensamblar lo social. Una introducción a la teoría del actor-red*, Buenos Aires, Manantial.

LINGARD, B. (2013): "The impact of research on education policy in an era of evidence-based policy", *Critical Studies in Education*, vol. 54, n° 2, pp. 113-131.

LINGARD, B. y SELLAR, S. (2013): "Globalization, edu-business and network governance: the policy sociology of Stephen J. Ball and rethinking education policy analysis", *London Review of Education*, vol. 11, n° 3, pp. 265-280.

MENDES, A.; BARBARA, D. y PEREIRA, G. (2005): "Pierre Bourdieu: las lecturas de su obra en el campo educativo brasileño", *Fundamentos en Humanidades*, vol. 6, n° 12, pp. 195-222.

MIÑANA, C. (2002): "Producción y circulación del conocimiento en el campo de la política educativa y gestión en América Latina", Buenos Aires, Instituto Nacional de Planeamiento de Educación.

MONTECINOS, V. y MARKOFF, J. (2012): "Del poder de las ideas económicas al poder de los economistas", en T. Ariztía (Ed.): *Produciendo lo social. Usos de las ciencias sociales en el Chile reciente*, Santiago, Universidad Diego Portales, pp. 25-72.

OLSSEN, M. y PETERS, M. (2005): "Neoliberalism, higher education and the knowledge economy: from the free market to knowledge capitalism", *Journal of Education Policy*, vol. 20, n° 3, pp. 313-345.

PACHECO, T. (2012): "Política e investigaciones en educación. Fuentes, actores y supuestos", *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, vol. 35, n° 4, pp. 1-14.

PADRÓN, J. (2007): "Tendencias epistemológicas de la investigación científica en el siglo XXI", *Cinta de Moebio*, n° 28, pp. 1-28.

PAVIGLIANITI, N. (1993): "El derecho a la Educación: una construcción histórica polémica", *Serie Fichas de Cátedra 35*, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires.

PEKKOLA, E. (2014): "Academic work revised: From dichotomies to a typology", *Workplace*, n° 23, pp. 11-22.

PICAZO, M. I. (2001): "Del poder de las ideas a las ideas en el poder: investigación educativa y diseño de la agenda escolar del primer gobierno de transición en Chile", *Revista del CLAD Reforma y Democracia*, n° 19, pp. 25-48.

PICAZO, M. I. (2014): *Las políticas escolares de la Concertación durante la transición democrática*, Santiago, Ediciones Universidad Diego Portales.

PRESTE, D. (2003): "Regimes of Knowledge production in society: Towards amore political and social reading", *Minerva*, vol. 41, n° 3, pp. 245-261.

RAMOS, C. (2012): *El ensamblaje entre ciencia social y sociedad. Conocimiento científico, gobierno de las conductas y producción de lo social*, Santiago, Universidad Alberto Hurtado.

RAMOS, C. (2014): "Datos y relatos de la ciencia social como componentes de la producción de la realidad social", *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, vol. 66, n° 1, pp. 151-177.

RAMOS, C., CANALES, A. y PALESTINI, S. (2008): "El campo de las ciencias sociales en Chile: ¿Convergencia disciplinar en la construcción del objeto de estudio?", *Cinta de Moebio*, n° 33, pp. 171-194.

RIVERO, J. (1994): "Investigación educativa en América Latina: la agenda pendiente", *Proyecto Principal de Educación en América Latina y el Caribe*, vol. 34, Santiago, UNESCO-OREALC.

ROSE, N. (1999): *Powers of freedom. Reframing political thought*, Cambridge, Cambridge University Press.

SANTELICES, B. (2015): "Investigación Científica Universitaria en Chile", en A. Bernasconi (Ed.): *La educación superior de Chile. Transformación, desarrollo y crisis*, Santiago, Ediciones Universidad Católica de Chile, pp. 409-446.

32 SANTOS, J. (2012): "Treinta años de filosofía-FONDECYT: Construcción de una elite e instalación de un patrón investigativo", *Revista La cañada*, n° 3, pp. 76-116.

SLAUGHTER, S. y LESLIE, L. (1997): *Academic capitalism: Politics, policies, and the entrepreneurial university*, Baltimore, John Hopkins University Press.

SOKAL, A. (2009): *Más allá de imposturas intelectuales. Ciencia, filosofía y cultura*, Madrid, Paidós.

SOKAL, A. y BRICMONT, J. (1999): *Imposturas intelectuales*, Barcelona, Paidós.

TELLEZ, F. (2011): "La vinculación entre investigación y políticas educativas: Una mirada al caso de Chile", *Documento presentado en el IV Congreso de Estudios Comparados en Educación*. Buenos Aires.

WALLESTEIN, I. (1996): *Abrir las ciencias sociales. Comisión Gulbenkian para la reestructuración de las ciencias sociales*, México DF, Fondo de Cultura Económica.

A Anomalia da Política de C&T e sua Atipicidade Periférica

La anomalía de la política de ciencia y tecnología y su atipicidad periférica

The Anomaly Of S&T Policy And Its Peripheral Atypical Development

Renato Dagnino *

As características da política de ciência e tecnologia (PCT) de países situados na periferia do capitalismo, como os da América Latina, resultam da composição de duas dinâmicas, uma inerente à PCT enquanto política pública e outra decorrente da sua condição periférica. A primeira, de natureza genérica, pode ser encontrada “em estado puro” minerando-a nos países avançados e é responsável pela anomalia (anormal, irregular) de sua PCT. Essa dinâmica faz com que a PCT apresente um desvio acentuado do padrão normal das políticas públicas, que se originam de um processo decisório no qual os atores envolvidos materializam seus projetos políticos nas agendas particulares com que nele participam. A anomalia se deve a que atores que participam em outras políticas defendendo agendas muitas vezes antagônicas, dado que resultantes de (ou condicionadas por) projetos políticos irreconciliáveis, concordam sistematicamente a respeito da orientação dada à PCT. Em consequência, por estar essa agenda decisória enviesada pela concepção da neutralidade e do determinismo da tecnociência, que entende a tecnociência (produzida pelas e para as empresas) como passível de ser “usada” para a materialização de qualquer projeto político, a PCT, ainda quando elaborada por governos de esquerda, tende a seguir a serviço dos valores e interesses do capital. A segunda dinâmica é específica de países que, como o Brasil, apresentam uma condição periférica. Aqui a PCT possui, por acréscimo, uma característica de atipicidade (particular, singular, inabitual). Os atores envolvidos na sua implementação, em função do contexto econômico-social e político periférico em que se inserem, manifestam comportamentos sistematicamente divergentes daqueles observados nos (e modelizados pelos) países avançados. Seus comportamentos, por essa razão, são distintos daqueles que deles se espera no momento de formulação da PCT.

33

Palavras-chave: política de C&T, Brasil, capitalismo periférico, elaboração de políticas, neutralidade e determinismo da tecnociência, pensamento latino-americano em ciência, tecnologia e sociedade

* Unicamp, Brasil. Email: rdagnino@ige.unicamp.br. O autor agradece ao parecerista desta revista as demandas feitas no sentido de esclarecer conceitos e avaliações que lhe pareceram imprecisos, incorretos ou inapropriados para a abordagem dos temas aqui tratados. Elas foram atendidas, principalmente, por meio da inclusão das notas de rodapé que seguem.

Las características de la política de ciencia y tecnología (PCT) de países situados en la periferia del capitalismo, como los latinoamericanos, resultan de la composición de dos dinámicas, una inherente a la PCT en tanto política pública y otra derivada de su condición periférica. La primera, de naturaleza genérica, puede encontrarse “en estado puro”; es explotada en los países avanzados y es responsable de la anomalía (anormal, irregular) de su PCT. Esta dinámica hace que la PCT presente un desvío acentuado en relación al estándar normal de las políticas públicas, que se originan en un proceso de decisión en el cual los actores involucrados materializan sus proyectos políticos en las agendas particulares con las que participan en él. La anomalía se debe a que los actores que participan en otras políticas defendiendo agendas muchas veces antagonicas, dado que son resultantes de (o condicionadas por) proyectos políticos irreconciliables, acuerdan sistemáticamente con respecto a la orientación dada a la PCT. En consecuencia, en virtud de que esa agenda de decisión está sesgada por la concepción de neutralidad y determinismo de la tecnociencia, que entiende a la tecnociencia (producida por y para las empresas) como plausible de ser “usada” para materializar cualquier proyecto político, la PCT, aun cuando es elaborada por gobiernos de izquierda, tiende a mantenerse al servicio de los valores e intereses del capital. La segunda dinámica es específica de países que presentan una condición periférica, como Brasil. Aquí la PCT posee, de manera adicional, una característica de atipicidad (particular, singular, infrecuente). Los actores involucrados en su implementación, en función del contexto económico-social y político periférico en el que se encuentran, manifiestan comportamientos sistemáticamente divergentes a los observados en (y modelados por) los países avanzados. Por esa razón, sus comportamientos son distintos a los que se espera de ellos en el momento de formulación de la PCT.

Palabras clave: política de ciencia y tecnología, Brasil, capitalismo periférico, elaboración de políticas, neutralidad y determinismo de la tecnociencia, pensamiento latinoamericano en CTS

34

The characteristics of science and technology policies (STP) of countries located on the margins of capitalism, such as Latin American countries, result from the composition of two dynamics: one inherent to STP as a public policy and another that derives from its marginal condition. The first has a generic nature and can be found in “pure state”; it is exploited in advanced countries and it is responsible for the anomaly (abnormal, irregular) of its STP. This dynamic causes the STP to present a marked deviation from the normal standards of public policy, which originate in a decision-making process in which the players involved materialize their political projects in the specific agendas with which they participate. The anomaly comes from the fact that many players who participate in other policies defending agendas that are often antagonistic, given that they result from (or are conditioned by) irreconcilable political projects, systematically agree on the direction given to the STP. Consequently, since that decision-making agenda is biased by the conception of neutrality and determinism of techno-science, which understands techno-science (produced by and for companies) as something plausible to be “used” to materialize any political project, the STP, even when produced by left-wing governments, tend to be at the service of the capital's values and interests. The second dynamic is specific of countries that present a peripheral condition, such as Brazil. In this case, the STP has an additional way, an atypical characteristic (particular, singular, infrequent). Players involved in its implementation, depending on the socioeconomic and peripheral political contexts that surround them, exhibit behaviors that systematically diverge from those observed in (and modeled by) advanced countries. Due to this, their behavior differs from the expected one when developing said policies.

Key words: S&T policy, Brazil, peripheral capitalism, policy-making, neutrality and determinism of techno-science, Latin American thinking regarding science, technology and society

*Seria fantàstic
que guanyés el millor
i que la força no fos la raó.
Que s'instal·lés al barri
el paradís terrenal.
Que la ciència fos neutral.*
Joan Manuel Serrat

Introdução

As características da política de ciência e tecnologia (PCT) de países situados na periferia do capitalismo resultam da composição de duas dinâmicas, uma inerente à PCT enquanto política pública e outra decorrente da sua condição periférica.^{1,2}

A primeira, de natureza genérica, pode ser encontrada “em estado puro” minerando-a nos países de capitalismo avançado (daqui para frente, simplesmente, países avançados) e é responsável pela anomalia (anormal, irregular) de sua PCT.³ Essa dinâmica faz com que a PCT apresente um desvio acentuado do padrão normal das políticas públicas, que se originam de um processo decisório no qual os atores envolvidos materializam seus projetos políticos nas agendas particulares com que nele participam. A anomalia se deve a que atores que participam em outras políticas defendendo agendas muitas vezes antagônicas, dado que resultantes de (ou condicionadas por) projetos políticos irreconciliáveis, concordam sistematicamente a respeito da orientação dada à PCT.

35

1. Correndo o risco de parecer démodé, prefiro, por várias razões, usar a expressão PCT em vez de política de ciência, tecnologia e inovação (PCTI). Não obstante, se o leitor assim preferir, a adição do último termo (inovação) não modificará o conteúdo da análise feita neste trabalho.

2. O conceito de “países periféricos” pertence ao marco analítico da Teoria da Dependência, concebido por intelectuais de esquerda latino-americanos na década de sessenta, que consiste numa leitura crítica e marxista dos processos de reprodução do subdesenvolvimento na periferia do capitalismo mundial, em contraposição às posições marxistas convencionais dos partidos comunistas e à visão da CEPAL. Ele é ainda hoje empregado no mundo inteiro, inclusive por analistas identificados com o pensamento de direita, para analisar a realidade contemporânea. Dentre eles, por ser um dos intelectuais brasileiros mais prestigiados e extremados dessa corrente, cabe citar Demétrio Magnoli (2000) quando se refere à condição desses países no bojo do processo de globalização: “A grande mutação na economia mundial e na geopolítica planetária agravou as desigualdades entre a acumulação de riquezas e a disseminação da pobreza. O desenvolvimento assume padrões crescentemente perversos, marginalizando parcelas maiores da população. Em escala mundial, a década de 80 presenciou uma ampliação da fratura econômica entre o Norte e o Sul. Atualmente, os 20% mais ricos da população do planeta repartem entre si 82,7% da riqueza, enquanto os 20% mais pobres dispõem apenas de 1,4%”.

3. Analogamente ao anterior, este conceito é de natureza eminentemente relacional. Ele designa um conjunto de países que, apesar de possuírem flagrantes particularidades, apresentam, em relação àqueles outros, características distintivas. À semelhança daqueles, que recebem denominações como subdesenvolvidos, em desenvolvimento, emergentes, eles são também chamados de países centrais, desenvolvidos, industrializados.

A segunda dinâmica é específica de países que apresentam uma condição periférica, como o Brasil e os demais países latino-americanos com exceção de Cuba.⁴

Aqui a PCT possui, por acréscimo, uma característica de atipicidade (particular, singular, inabitual). Diferentemente da primeira dinâmica, cuja percepção implica uma observação centrada no momento de formulação da política, a constatação do caráter atípico da PCT periférica demanda um foco no momento da implementação.

Os atores envolvidos na implementação da PCT, em função do contexto econômico-social e político periférico em que se inserem, manifestam comportamentos sistematicamente divergentes daqueles observados nos (e modelizados pelos) países avançados. Seus comportamentos, por essa razão, são distintos daqueles que deles se espera no momento de formulação da PCT.

O trabalho começa caracterizando a anomalia “genérica” da PCT. O argumento levantado é que ela tem sua origem em mitos que a acompanham desde quando ações governamentais, que depois foram agrupadas sob a denominação PCT, tentaram influenciar a direção e o ritmo da mudança tecnológica e o fomento à formação de pesquisadores.

Atravessando ideologias e reunindo desde neoliberais a marxistas ortodoxos, esses mitos fazem com que os projetos políticos dos atores envolvidos com a PCT, em especial, o daqueles que se alinham com os interesses da classe trabalhadora, não se expressem em suas agendas particulares e, em consequência, na agenda decisória que origina a PCT enquanto política pública.

Em consequência, por estar essa agenda decisória enviesada pela concepção da neutralidade e do determinismo da tecnociência, que entende a tecnociência (produzida pelas e para as empresas) como passível de ser “usada” para a materialização de qualquer projeto político, a PCT, ainda quando elaborada por governos de esquerda, tende a seguir a serviço dos valores e interesses do capital.

O argumento acerca da atipicidade da PCT periférico pode ser inferido diretamente das contribuições dos fundadores do Pensamento Latino-americano em Ciência,

4. A opção de incluir o Brasil na categoria de países periféricos, embora aceita até mesmo por intelectuais de direita como o recém citado, não é consensual. No âmbito dessa corrente, há quem, privilegiando indicadores socioeconômicos e políticos, como PIB per capita ou liderança no âmbito dos BRICS, e de C&T, como sua posição no ranking de doutores formados ou artigos publicados por ano, em detrimento de outros como, respectivamente, coeficiente de Gini ou sujeição à finança globalizada, e déficit na balança comercial de produtos de alta e média intensidade tecnológica, disso discorde. Na extrema esquerda, há os que, por considerarem o Brasil um país subimperialista no contexto latino-americano e africano, sequer aceitam a designação de país semiperiférico usada em alguns círculos. A título de desculpa por não fazê-lo, esclareço que caso fosse minha intenção justificar essa opção através da consideração das visões conflitantes, ainda que me restringisse às atualmente existentes, haveria que analisar algumas dezenas de obras das áreas de economia, sociologia, ciência política.

Tecnologia e Sociedade (PLACTS) (Dagnino, Thomas e Davyt, 1996) que há mais de quatro décadas apontaram a diferença entre o comportamento da empresa dos países avançados e das aqui localizadas. Ao explicarem sua baixa propensão a realizar P&D pela nossa condição periférica, mostraram, por um lado, que nossa PCT dificilmente poderia alterá-la e, por outro, que para colocar em ação nosso potencial tecnocientífico eram necessárias substantivas mudanças no plano político e socioeconômico.

Embora, de maneira talvez imprudente, o argumento aqui apresentado se refira de modo genérico aos países periféricos, as evidências apresentadas se referem à experiência brasileira. Além de considerações relacionadas à minha vivência com essa experiência e ao aspecto “paradigmático” que ela possui - no sentido de que se o que se mostra para o Brasil com maior razão tenderá a ocorrer em outros países periféricos (ou, pelo menos, latino-americanos) - isso se deve a que as séries históricas abrangendo treze anos (1998-2011) divulgadas pelo IBGE permitem hoje comprovar esse comportamento. E mostrar cabalmente que é sensivelmente distinto do visado pela PCT. Apesar de seguir desde o governo neoliberal uma orientação em que a comunidade de pesquisa aparenta abandonar o modelo institucional ofertista linear que implantou, em benefício dos ditames da Economia da Inovação, ambos inspirados na realidade e nas experiências de modelização da relação CTS e de elaboração da PCT dos países avançados, a PCT está longe de poder alterar a baixa propensão à realização de P&D das empresas locais. Ao mesmo tempo em que mostram o acerto da “cinquentona” formulação do PLACTS e da crítica que vem sendo feita àqueles ditames, essas evidências revelam o irrealismo das expectativas dos fazedores da PCT que tentam mudar um comportamento que eles consideram irracional e atrasado, mas que é uma resposta racional aos sinais de um mercado caracterizado pela nossa condição periférica.

37

Quando se reinterpreta essa formulação à luz da noção de anomalia genérica da PCT chega-se a uma caracterização bem distinta do que ela considerava como sendo os obstáculos ao cenário de equidade e justiça social que pretendia. Fica evidente que o caráter comportamental a ele adverso não era exclusivo à maneira (atípica e específica) como a condição periférica atuava sobre nossos empresários. Vem à tona o condicionamento que sobre a atuação da comunidade de pesquisa exerce a concepção da neutralidade e do determinismo da tecnociência da qual decorre a anomalia (genérica) da PCT.

As considerações que encerram o trabalho são, como também o eram as formuladas pelo PLACTS, de caráter normativo.

Elas ressaltam a necessidade de concepção de um novo marco analítico-conceitual para a elaboração a PCT latino-americana capaz de, levando em conta sua anomalia, e também sua atipicidade, orientar a utilização do potencial tecnocientífico da região para alavancar o processo de democratização em curso.

Para falar de anomalia (estado ou qualidade do desvio acentuado do padrão normal de alguma realidade, anormalidade, irregularidade, aberração) é imprescindível falar primeiro do que não é anômalo, do que é normal. Por isso, para explicar a anomalia

da PCT, o trabalho começa abordando as políticas públicas “normais”; as que não apresentam a anomalia que caracteriza a PCT.

Em seguida, na sua quarta seção, argumenta porque a PCT, genericamente falando, deve ser enquadrada nessa categoria. Em seguida, apresenta-se elementos de natureza discursiva que evidenciam a anomalia da PCT brasileira.

A sexta seção, trilhando um caminho já relativamente bem explorado, mostra porque a PCT brasileira deve ser considerada atípica quando comprada às PCTs dos países avançados.

1. Políticas “normais”. Processo decisório: atores, agendas, projeto político

Entende-se por política “normal” aquela em que atores sociais animados por projetos políticos que são materializados em agendas particulares, e dotados de poder acumulado em jogos sociais (políticos) anteriores são capazes de inserí-las na agenda decisória que lhe dá origem.

Para deixar mais clara essa afirmativa, e seguindo o marco analítico-conceitual sugerido por autores bem conhecidos e prestigiados, se apresentam os conceitos de:

38

- *Ator social*: pessoa, grupo, organização que participa de um jogo social; possui um projeto político; controla algum recurso relevante; tem, acumula (ou desacumula) forças no seu decorrer e pode produzir fatos para viabilizar seu projeto (Matus, 1996).
- *Projeto político do ator*: conjunto de crenças, interesses, concepções de mundo, representações do que deve ser a vida em sociedade, que orientam a ação política dos diferentes atores envolvidos com uma política (Dagnino, Olvera e Panfichi, 2006).
- *Agenda particular de um ator*: conjunto de problemas percebidos e enfrentados por ele ao envolver-se com uma política pública. Numa política “normal”, ela é a materialização do seu projeto político.
- Processo decisório: negociação entre os atores defendendo suas agendas particulares com o poder que têm que irá originar a agenda decisória.
- *Agenda decisória*: originada no processo decisório, ela é a proposta de resolução dos problemas trazidos pelos atores sociais. É um conjunto de problemas, demandas, assuntos que o governo (coalizão política que ocupa o poder executivo do aparelho de Estado) seleciona (ou é forçado a selecionar). Ela é formada pelas agendas particulares dos atores (inclusive pelo governo, cuja agenda é o programa de governo da coalizão eleita em função da correlação de forças existente na sociedade).
- *Agenda decisória e poder relativo dos atores*: nem todos os problemas que formam as agendas particulares têm a mesma facilidade de fazer parte da agenda decisória e, assim, impor aos que governam a necessidade de atuar sobre eles (Kingdon, 1984; Deubel, 2006). A agenda decisória é uma combinação (média ponderada pelo poder relativo do ator) das agendas particulares de cada ator. Se

um ator social for suficientemente forte ele pode, via coerção, reduzir (ou, no limite, anular) o poder relativo dos demais e, assim, sua participação na formação da agenda decisória. Ou, via convencimento (manipulação) ideológico, fazer com que os demais atores adotem a sua agenda. Nos dois casos, a agenda decisória será, no limite, a agenda particular do ator dominante (primeiro caso) ou hegemônico (segundo), uma vez que passa a existir um “consentimento” dos demais (Gramsci, 1999).

- *Política pública*: originada pela negociação (processo decisório) em torno da agenda decisória, ela é a proposta de resolução dos problemas trazidos pelos atores sociais que nela participam segundo seu poder relativo e que o Estado tem que implementar.

- *Conflitos*: em tese e em políticas “normais”, se originam da diferença existente entre os projetos políticos dos atores envolvidos com uma dada área de política pública. São: 1) “abertos” quando em função do poder semelhante dos atores, as diferenças entre suas agendas particulares se explicitam no processo decisório; 2) “encobertos”, quando o ator dominante consegue, via coerção (velada ou explícita), anular o poder relativo de um mais fraco (dominado), impedindo que sua agenda entre no processo decisório mesmo quando ele participe formalmente do mesmo (Bachrach e Baratz, 1963); e 3) “latentes” (Lukes, 1980), quando o ator, agora hegemônico, consegue, via manipulação ideológica, fazer com que os demais atores adotem a sua agenda ou, mais precisamente, impedir que o ator dominado seja capaz de sequer conceber uma agenda particular coerente com seu projeto político acerca daquela área de política pública.

- *Identificação de conflitos latentes*: como não podem ser identificados mediante a simples consideração do processo decisório, exigem uma análise do contexto político e ideológico, dado que os atores dominados não percebem claramente os problemas que os prejudicam e não são capazes de formular uma agenda particular, e das relações de poder, uma vez que não conseguem participar do processo decisório e da formação da agenda decisória para influenciar na orientação da política (Ham e Hill, 1993).

39

Cabe precisar que a proposição da noção ou do conceito (e a partir daqui uso com o mesmo sentido esses dois termos) de política “normal” possui um objetivo estritamente funcional ou operacional uma vez que ela deriva da hipótese de que existem políticas que dela se diferenciam, que são aqui denominadas políticas anômalas.

2. Políticas anômalas

Kuhn (1978) chama de anomalias os problemas não solucionados ou os fenômenos não explicados que a teoria vai apresentando à medida que é empregada pelos pesquisadores. Segundo ele, “as anomalias aparecem somente contra o pano de fundo proporcionado pelo paradigma da ciência normal” (p. 192).

A noção de política anômala deriva, justamente, da dificuldade encontrada ao analisar um fenômeno não passível de explicação pela “ciência normal”. Ou seja, pela

identificação de fenômenos -processos de elaboração de políticas públicas- que não são passíveis de explicação pelo marco analítico-conceitual “normal”, o proposto pelo campo da Análise de Políticas. E é justamente para caracterizar a insuficiência desse marco para analisar esses fenômenos que esse tipo de política é denominado política anômala.

Há que ressaltar que essa noção não é construída de modo genérico, abstrato, seguindo um procedimento metodológico dedutivo. Ao contrário, ela é resultado de uma dificuldade específica, concreta, dado que decorrente da análise da PCT, e que embora sem a pretensão de aplicabilidade para outros contextos adquire pela via indutiva, mas apenas para fins explicativos, um estatuto próximo ao de um conceito analítico. Assim, embora essa noção possa eventualmente se mostrar útil para análises não atinentes à relação ciência, tecnologia e sociedade, não há aqui a intenção de propô-la com este objetivo.

O propósito dessa noção é, então, facilitar a análise da participação dos atores no processo decisório na PCT, em especial, o modo como se dá essa participação tendo em vista a relação entre ela o conceito de projeto político que estabelece o “paradigma normal” da ciência política. O fato de que, novamente de acordo com Kuhn, as anomalias podem ser resolvidas com o avanço da própria “ciência normal”, e que é apenas quando elas se acumulam a ponto de competir com ela que pode ocorrer uma revolução científica, coloca em seus devidos termos incrementais a noção aqui sugerida.

40

Ao contrário do que ocorre quando um dado ator social materializa seu projeto político na sua agenda particular no âmbito de um processo decisório de uma política “normal”, quando ele se envolve com uma política anômala a agenda que ele defende não é coerente com seu projeto político. Assim, embora participe em outras áreas de política pública enfrentando outros atores na defesa de seus interesses, no âmbito de uma política anômala ele não o materializa numa agenda particular própria, coerente com seu projeto político.

As políticas anômalas são diferentes daquelas políticas, aqui denominadas “normais”. Inclusive daquelas em que se manifestam conflitos “latentes”. Isto é, aquelas em que o ator dominante consegue fazer com que o ator dominado adote sua agenda contrariando seu projeto político. Nessas políticas “normais”, ocorre uma manipulação ideológica sistemática e decididamente levada a cabo e renovada pelos porta-vozes do ator dominante fazendo com que, frequentemente, o consentimento do ator dominado extravase para outras áreas de política pública.

Deixar mais clara essa afirmativa, é necessário revisar conceitos pertencentes ao marco analítico-conceitual da ciência normal; o que é feito a seguir novamente tendo como referência autores bem conhecidos e prestigiados. Em particular, é necessário voltar ao conceito de projeto político uma vez que ele é insuficiente para permitir a análise de políticas que, como a PCT, considero, anômalas. E, em função disso, formular um novo conceito, que denominei “modelo cognitivo”, que dê conta do objetivo de analisar a PCT e, assim espero, outras políticas que apresentem essa anomalia.

• *Projeto político e cultura*: os projetos políticos não se reduzem a estratégias de atuação política, mas veiculam matrizes culturais mais amplas e transformam o repertório cultural da sociedade (Dagnino, Olvera e Panfichi, 2006). Cultura não é uma esfera, mas uma dimensão de todas as instituições – econômicas sociais e políticas; é um conjunto de práticas materiais que constituem significados, valores e subjetividades. O que implica que as relações de poder entre os atores não possam ser compreendidas sem o reconhecimento de seu caráter “cultural” ativo, na medida em que expressam, produzem e comunicam significados” (Alvarez, Dagnino e Escobar, 2000).

• *Modelo cognitivo do ator*: nas políticas anômalas, a atuação do ator não é “informada” pelo seu projeto político, mas sim pela “maneira como ele entende” aquela específica área de política e seu contexto; a essa “maneira” denomino modelo cognitivo do ator. A relação identificada entre projeto político e cultura acima apontada, embora se aproxime daquela entre projeto político e modelo cognitivo, se diferencia na medida em que, por se referir a um aspecto eminentemente cognitivo do campo mais amplo da cultura, é mais apropriado para a caracterização das políticas anômalas.

• *Projeto político e modelos cognitivos*: um determinado ator, embora possua apenas um projeto político, pode ter tantos modelos cognitivos quantos forem as áreas e política com as quais se envolve. Ao contrário do projeto político, o modelo cognitivo não é um atributo “intrínseco” ao ator, oriundo de sua visão de mundo etc. Sua natureza é eminentemente relacional. O modelo cognitivo de cada ator é condicionado pela sua interação com outros atores no âmbito daquela específica área de política. Ele vai sendo conformado à medida que o ator interage com outros e suas agendas particulares, em processos decisórios. O modelo cognitivo é, então, o conjunto de ideias a partir do qual o ator irá descrever, explicar e prescrever acerca do objeto da política, do seu contexto e participar no processo decisório.

• *Modelo cognitivo do ator dominante*: como o modelo cognitivo possui um atributo relacional e tem a ver com o nível de conhecimento do ator sobre a área de política, sempre que ela envolver outro ator que possua sobre ela um conhecimento visualizado como sendo significativamente maior, o modelo cognitivo deste ator – cognitivamente dominante - tenderá a influenciar o modelo cognitivo do primeiro. O caráter de dominante desse ator não tende a estar associado aos fatores de natureza econômica ou política que condicionam seu projeto político, como ocorre em relação às políticas “normais”. Não obstante, é razoável pensar que o desvio que o modelo cognitivo do ator terá em relação ao seu projeto político será tanto menor quanto maior for seu conhecimento sobre o modo como funciona a área de política, sobre como a orientação desta o atinge e influencia a satisfação de seus interesses. Inversamente, quanto menor for sua familiaridade com a política em questão e com os assuntos a ela associados, maior tenderá a ser esse desvio. No limite, quando as questões que centralizam o projeto político do ator dominado estiverem muito distantes dos assuntos abarcados por essa área de política, ele tenderá a nela participar de modo praticamente omissivo.

• *Modelo cognitivo da área de política*: como, muito mais do que o projeto político, o modelo cognitivo de um ator é sensível à influência dos outros atores, quando esse conhecimento que possui o ator dominante possui um caráter de “verdade inquestionável”, os demais internalizam seu modelo cognitivo, que passa a ser o

modelo cognitivo daquela área de política. Por isso, nas áreas caracterizadas por políticas anômalas, tende a “emergir” da interação que ocorre entre os atores envolvidos um modelo cognitivo próprio. Diferentemente do que ocorre nas políticas “normais” em que se manifestam conflitos “latentes”, nas políticas anômalas não são as relações de poder econômico ou político que fazem com que o ator dominado não consiga materializar seu projeto político numa agenda particular a ser defendida no processo decisório. Há aqui um poder mais sutil, e por isso naturalizado, de natureza cognitiva. Mais do que naquele caso, por estar a influência do ator dominante investida e revestida de um status superior, derivado de seu maior conhecimento, o modelo cognitivo do ator dominante e, também, o modelo cognitivo daquela área de política.

A anomalia, então, implica que atores que participam em outras políticas defendendo agendas (no limite) antagônicas, dado que resultantes de projetos políticos irreconciliáveis, por compartilharem o mesmo modelo cognitivo, que é o daquela área de política, concordam sistematicamente a respeito da orientação a ser dada à política.

Para terminar esta seção, cabe ressaltar dois aspectos. O primeiro tem a ver com o fato de que, como em qualquer caso em que um pesquisador se encontra com o que considera uma anomalia que escapa ao espectro explicativo da ciência normal, o que se acaba de propor, correto ou equivocado, possui uma carga forte e explicitamente normativa. Como é também normativo o qualificativo “normal”, derivado, justamente, do conceito kuhniano de “ciência normal”, com que se qualifica a noção de política normal.

O segundo aspecto se refere ao fato de que os conceitos de política “normal” e anômala não possuem nenhuma relação com o contexto nacional onde elas existem. Ou com o fato desse contexto poder ser caracterizado como o de um país “central” ou “periférico”, no sentido de que as políticas “normais” seriam ou tenderiam a ser aquelas que emanam de processos decisórios que ocorrem em países “centrais” e de que as políticas anômalas, por oposição, seriam as que teriam lugar em países “periféricos”. Tal como já se assinalou na Introdução deste trabalho, o atributo de anômala que aqui se empresta a uma determinada política é relacional. Ou seja, uma política é anômala em relação a outras políticas, as políticas “normais”.

3. A anomalia da PCT

Para iniciar esta seção, vale enfatizar algo que se depreende do anteriormente escrito sobre a noção de políticas anômalas. Isto é, que aquilo que pode ser interpretado como uma “dicotomia” normal/anômala não é algo que deva ser entendido como prévio ao propósito de analisar a PCT. Como se as noções ou os conceitos de política “normal” e política anômala existissem antes desse propósito e estivessem sendo “aplicados” para analisá-la. Ao contrário, é justamente o intento de analisar a PCT o que dá origem a esses conceitos.

A anomalia da PCT pode ser evidenciada ao analisar a PCT dos países avançados, como fiz em Dagnino (2006 e 2007) através de extensa revisão bibliográfica, de maneira a mostrar como atores sociais tão distintos como comunidade de pesquisa, empresários, trabalhadores, movimentos sociais concordam em relação ao modo de orientar a PCT.⁵ E, por extensão: 1) como partidos políticos e governos que orientam suas políticas públicas (e principalmente, as sociais) de modo tão distinto implementam a mesma PCT; 2) como a PCT parece ser uma *policy* sem *politics*; 3) como a PCT parece estar ideologicamente “blindada”; (como ela está tão sujeita a processos de *non decision-making*; 4) como conflitos “latentes” e “encobertos” não se convertem em “abertos” no processo decisório da C&T; e 5) como ela está envolta numa “neblina ideológica” de positividade.

A análise que realizei, permite explicitar o fato de que seu ator dominante, em todo o mundo, é a comunidade de pesquisa. E que, por isso, o seu modelo cognitivo é o que tende a orientar, por ser adotado pelos demais atores envolvidos, a PCT desses países. O que me leva a concentrar neste trabalho minha atenção (ou talvez seja mais adequado dizer limitá-la) no ator comunidade de pesquisa e na maneira como ela atua no processo decisório da PCT fazendo valer o seu modelo cognitivo. O qual, como irei mostrar, é condicionado pela noção que ela possui sobre a natureza C&T. Ou, melhor, num aspecto central dessa noção, que é a não percepção por parte da comunidade de pesquisa dos aspectos e das implicações ideológicas com ela envolvidos.

Para entender a anomalia da PCT é necessário, então, identificar qual a noção ou concepção que possui a comunidade de pesquisa sobre C&T, ou sobre o que prefiro denominar, por razões que trato em outros trabalhos (Dagnino, 2008), tecnociência. Isso porque essa concepção, solidamente ancorada em mitos como os assinalados por Sarewitz (1996) e, em particular naquele que, apoiado em Feenberg (2010) e Lacey (1999), considero fundacional: o da neutralidade e do determinismo da tecnociência (Dagnino, 2008).

43

Limitar a análise à atuação da comunidade de pesquisa obriga a um distanciamento em relação aos outros atores (trabalhadores, empresários) que, animados por seus respectivos projetos políticos, poderiam contrapor-se à comunidade de pesquisa no processo decisório da PCT. Não obstante, como ficará claro em seguida, o fato de limitar (e refinar) a abordagem sobre a comunidade de pesquisa não inviabilizará a entrada em cena dos dois atores -trabalhadores e empresários, ou classe trabalhadora e classe proprietária- portadores dos projetos políticos que interessa aqui abordar.

5. A procedimento que tenho adotado nas pesquisas que venho realizando, de “tratar em bloco” as PCT dos países avançados, que já de per se possuem evidentes aspectos sociais, econômicos, distintivos, é francamente majoritário entre os analistas latino-americanos. Além de não o escopo deste trabalho demonstrar sua pertinência, considero que o fato de ele ser também o empregado pelos colegas daqueles países (o famoso artigo de Bell e Pavitt, 1993, é um exemplo disto), me exime de justificá-lo.

Para prosseguir, é conveniente (e necessário) distinguir dois segmentos dentro dessa comunidade. Eles são os que “introduzirão” na análise esses dois atores e seus projetos políticos, ou conjuntos de interesses e valores. A consideração do comportamento desses dois segmentos é o que tornará possível, mediante uma operação de reflexão para dentro da área da PCT, fazer com que “apareçam” no seu decorrer os seus projetos políticos desses atores uma vez que eles são adotados e veiculados por cada um desses segmentos.

Para o primeiro, que agrupa a maioria de seus integrantes, a tecnologia é a aplicação da ciência (a “verdade que avança”) para produzir mais, melhor, mais barato, poupar tempo, e beneficiar a sociedade. Eles costumam dizer que “a tecnociência é intrinsecamente boa e verdadeira, mas se a sociedade a usar sem ética, para o mal, o problema não é meu...”.

Para esse segmento, e este é o aspecto que permite classificá-lo como possuidor de um projeto político de direita, o único agente técnico-produtivo capaz de promover desenvolvimento é a empresa privada que usa a tecnociência que eles ajudam a produzir. Em consequência, acreditam que o conhecimento, para servir à sociedade, tem que passar pela empresa e pelo mercado; tem que ser “comercializável”. E se a empresa for inovadora e competitiva, gerará empregos bem pagos, produtos melhores e mais baratos; o empresário obterá mais lucro, investirá mais, os trabalhadores ganharão mais e os consumidores, ficarão mais bem servidos. Enfim, haverá desenvolvimento econômico e social.

44

A tecnociência, assim, por ser neutra, produzida em busca da verdade e da eficiência, caso esteja submetida ao controle externo e a posteriori da ética, pode ser usada para satisfazer infinitas necessidades da “sociedade” qualquer que seja o substrato e a orientação políticos que ela num dado momento decida implementar.

A participação desse segmento na PCT está centrada em duas ideias. A primeira, é a de que o Estado deve financiar P&D nas empresas para, desta forma, promover o desenvolvimento. A segunda, é a de que como a tecnociência é boa, verdadeira e universal, temos que emular o que fazem os grupos de pesquisa (ou países) líderes em cada área de conhecimento nos campos da pesquisa e da formação de recursos humanos. E, dado que as eventuais implicações socioeconômicas ou políticas negativas são derivadas simplesmente de uma falta de ética, temos que nos concentrar nas “áreas de ponta”.

Mas há um segundo segmento da comunidade de pesquisa que se opõe a essa maioria replicando: “sociedade, ética; que nada! Só a revolução e o socialismo resolvem!”. Esse ator social, que representa o pensamento de esquerda dentro dessa comunidade, participa junto com o primeiro, ainda que, por razões que trato mais adiante, de modo indistinto, no processo decisório que origina a PCT.

Seu projeto político está identificado com os interesses da classe trabalhadora: dos que são obrigados a vender sua força de trabalho para os detentores dos meios de produção e desta forma, via extração de mais valia relativa que a tecnociência faculta,

possibilitar a reprodução ampliada do capital. Em função disso, caberia a esse segmento um comportamento coerente com o projeto político que, por serem de esquerda, adotam ou endossam. De fato, antes mesmo do que classe trabalhadora com a qual se identifica, mas que se encontra muito distanciada dessa área de política, caberia a esse segmento a concepção de uma agenda particular radicalmente diferente daquela identificada com os interesses da empresa privada defendidos pelo primeiro segmento. E, em consequência, lutar, no âmbito do processo decisório da PCT em que ele participa como o primeiro, dado que também pertencente à comunidade de pesquisa, para fazer valer os interesses daquela classe.

Coerentemente com a visão marxista que se situa no núcleo ideológico do pensamento de esquerda, esse ator considera que cada vez mais, no capitalismo, a tecnociência (ou o que denominavam pelo conceito aparentado de forças produtivas) tem servido para elevar a produtividade do processo de trabalho, ou dos trabalhadores, passível de ser apropriada pelos proprietários dos meios de produção, como lucro.

Mas, em função de uma leitura possível da obra de Marx, que se originou nos anos que sucederam à revolução russa no âmbito do esforço de transição para o socialismo, esse ator possui uma concepção a respeito da tecnociência, ou das forças produtivas, de natureza determinista e neutra (Feenberg, 2002). Ou seja, que na polaridade dialética entre as relações de produção e as forças produtivas cabe a estas o papel dinâmico e determinante. Ou ainda, que, como elas se desenvolvem linear e inexoravelmente, sua tensão, que ocorre periodicamente com as relações sociais de produção (escravistas, feudais, capitalistas, socialistas), em ciclos de longa duração, terminará levando ao modo de produção comunista.

45

A maior parte dos autores que criticam a visão da neutralidade não se referem à da tecnociência, mas à ciência. Segundo Löwy, 2007, ela seria decorrente da concepção positivista do saber, que tem como uma de suas premissas a ideia de que as ciências da sociedade, assim como as da natureza, devem limitar-se à observação e à explicação causal dos fenômenos, de forma objetiva, neutra, livre de julgamentos de valor ou ideologias, descartando previamente todas as prenoções e preconceitos. Para Agazzi (1996), ela implica o não envolvimento da ciência com o seu objeto; de independência com relação a preconceitos; de não orientação por interesses particulares; pela liberdade de condicionamentos e indiferença aos empregos que dela se pode fazer. Para Lacey (1999), a consideração do juízo científico como imparcial se dá pela consideração de que os valores sociais não devem estar entre os critérios utilizados pelos cientistas na atribuição de juízos. Tampouco as prioridades de pesquisa ou sua orientação devem ser influenciadas por valores de qualquer ordem.

No que respeita ao determinismo tecnológico, a ideia é de que desenvolvimento da tecnociência é uma variável independente e universal que determinaria o comportamento de todas as outras variáveis do sistema produtivo e social; como se ela dependesse inteiramente das mudanças e da organização tecnológicas. O

desenvolvimento econômico é determinado pelo avanço da tecnociência. Ela é um determinante da estrutura social e a força condutora do progresso social (Dagnino, 2008).

No momento atual, a contradição entre o caráter coletivo e cooperativo da produção levada a cabo pela classe trabalhadora, engendrado pelo atual estágio de desenvolvimento das forças produtivas, e a apropriação privada dos seus frutos pelos proprietários dos meios de produção, tenderia a levar ao socialismo. O que ocorreria quando as condições materiais, objetivas, derivadas dessa contradição estivessem suficientemente maduras para que as condições adstritas à ideologia, à consciência de classe dos trabalhadores, denominadas subjetivas, possam provocar a “centelha revolucionária”.

Segundo essa concepção, como a tecnociência que hoje oprime a classe trabalhadora é neutra e endogenamente condicionada, amanhã, com a revolução, ela poderá ser apropriada por ela e usada para construir o socialismo.

A participação desse segmento minoritário da comunidade de pesquisa na PCT está centrada em duas ideias que possuem como fundamento a concepção da neutralidade e do determinismo. A primeira, pode ser assim sintetizada: como o socialismo irá demandar a tecnociência mais avançada que seja possível obter (e a que os cientistas produzirão amanhã será sempre melhor do que a de hoje) para usá-la para satisfazer as necessidades que surgirão do enfrentamento com os interesses capitalistas remanescentes, enquanto ela não vem, temos que produzir C&T de “qualidade”. E para isso é necessário fazer o que sugerem os cientistas “de ponta”. Afinal, eles é que são os líderes, eles é que sabem de tecnociência. A segunda ideia em a ver com o fato de serem militantes, de estarem trabalhando pela Revolução e o socialismo. E que para isso é importante que desde agora os avanços da tecnociência sejam usados para melhorar a vida dos oprimidos. Afinal, como a tecnociência é neutra, esse uso depende apenas de vontade política para explorar as brechas do sistema.

Resumindo, saliento o fato de que esses dois segmentos da comunidade de pesquisa, embora identificados com atores que atuam em outras políticas públicas defendendo agendas com conteúdo oposto, dado que emanadas de projetos políticos antagônicos, propõem o mesmo tipo de orientação para a PCT. Fato que, justamente, é o que tipifica o caráter anômalo da PCT.

4. A anomalia da PCT brasileira

Expostas as características das políticas anômalas, seria possível explicar por que, em países como o Brasil, atores com projetos políticos, não apenas distintos, mas, antagônicos, participam no processo decisório da PCT defendendo a mesma agenda particular. O que poderia ser feito contrastando, por exemplo, os documentos que tratam da PCT de organizações representativas dos trabalhadores, como o Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (Marcolino e outros, 2013) e dos empresários, a Confederação Nacional das Indústrias (CNI,

2005). Ou como partidos políticos que apresentam projetos de governo também antagônicos como o PT ou o PSOL, de um lado, e o PSDB ou o DEM, de outro, apresentam, em relação à área de C&T, plataformas eleitorais praticamente iguais.

O fato de já ter realizado esse exercício mais de uma vez (em trabalhos como Dagnino (2007 e 2007a, entre outros) e a maneira como o encaminhei a seção anterior discorrendo sobre a anomalia da PCT nos países avançados a partir da consideração da forma como atua a comunidade de pesquisa, é uma das razões que me leva a adotar o mesmo procedimento nesta seção.

Reforça essa opção o resultado da análise que tenho realizado, a respeito do papel da comunidade de pesquisa na PCT que, mais do que dominante, como ocorre nos países avançados, é aqui hegemônico, em função da incompletude e rarefação que a situação periférica condiciona no “tecido sociotécnico” que nesses países, por ter características opostas, é o que orienta, com relevância e qualidade, sua agenda de pesquisa pública e privada e a PCT (Dagnino, 2004).

Os resultados que tenho alcançado a esse respeito têm sido corroborados, entre outros, por Dias (2009), Bagattolli (2013) e Silva (2013).

Embora seja recorrente no meio acadêmico a “miragem” de que a intervenção de outros atores, como os empresários e o governo seja predominante na definição da agenda de pesquisa brasileira, é a própria comunidade científica que, contando com o apoio dos que “estão burocratas” nos órgãos governamentais e nas agências de apoio à pesquisa, que orienta esta agenda. Essa situação é tão marcante que é possível dizer que comunidade científica e esses que “estão burocratas” formam uma comunidade de pesquisa que orienta a PCT segundo seu próprio modelo cognitivo.

47

Adicionalmente, fato de que aparentemente não existam trabalhos semelhantes relacionados à realidade brasileira e latino-americana que apontem resultados distintos, por reforçar o que indiquei na seção anterior a respeito da PCT dos países avançados, contribuem para sancionar a opção que escolhi.

Para prosseguir a análise, poder-se-ia, como se fez na seção anterior, distinguir dois segmentos dentro dessa comunidade no que respeita a seus projetos políticos. Ao fazê-lo para a realidade da nossa PCT, seria possível fazer com que “aparecessem” no seu decorrer os projetos políticos desses atores uma vez que eles são adotados e veiculados por cada um desses segmentos.

Não obstante, o fato de que o objetivo aqui não é opor suas visões acerca da tecnociência para depois mostrar como ambos conformam seu modelo cognitivo e, em consequência, a orientação que propõem para a PCT, me leva a optar por um outro curso de ação. A não aceitação das posturas e da proposta que fazem esses dois segmentos, e a crítica a elas aqui formulada, me leva a concentrar o foco naquelas que veicula, através do discurso que passo a analisar, o seu segmento de esquerda; aquele que defende um projeto político que em outras políticas públicas se materializa em posturas, agendas e propostas com ele coerentes.

Esta seção, então, procura mostrar como a PCT brasileira da última década elaborada (isto é formulada, implementada e avaliada) por um governo de esquerda pode ser enquadrada na categoria de política anômala. Ou seja, mostrar como ela está guiada segundo um modelo cognitivo não aderente ao projeto político desse governo, que é o que é usado para orientar muitas outras de suas políticas.

A plausibilidade dessa afirmação se fundamenta no fato de que isso não tem ocorrido devido a imposições de governabilidade; aquela que têm feito com que outras políticas públicas não tenham avançado o desejado. É o caso das que são denominadas políticas “econômicas”, porque interessam aos que detêm o poder econômico, político e midiático, ainda extremamente concentrado, mas que deveriam ser chamadas, dado o dano social que costumam causar, de “antissociais”. O governo avançou nas políticas sociais, que as elites tendem a considerar “antieconômicas”, porque subtraem recursos à acumulação de capital. Sobretudo nas que não chegam a contrariar severamente seus interesses. É o caso das de natureza compensatória que, dada à “periculosidade” do problema, também as beneficiam. Avançou-se também em políticas como a de educação que, apesar da oposição de alguns setores, favorecem, ao mesmo tempo, trabalhadores e empresários.

O caso da PCT, e este é o ponto que me interessa ressaltar, é diferente. Seu afastamento da orientação neoliberal seguida por governos anteriores não teria (e segue não tendo) um grau de oposição que ameaçasse a governabilidade.

48

De fato, os interesses que seriam contrariados -os de um segmento de direita da comunidade de pesquisa- com um alinhamento da PCT ao projeto político da esquerda. Em primeiro lugar, porque eles não são interesses de classe, uma vez que a comunidade de pesquisa está longe de poder ser considerada uma classe. Nem sequer pode ser pensada como um ator, uma vez que como indicado acima, existem, em termos de projeto político (esquerda *versus* direita), dois atores até diferenciados.

Em segundo, porque sua natureza não é propriamente econômica ou mesmo política. Embora existam anéis burocráticos e outras formas de cooptação e captura da burocracia no seio dessa comunidade, seus rendimentos normais e aqueles que provêm da ação as agências de fomento à pesquisa e à pós-graduação não seriam afetados por uma reorientação da PCT. Sempre e quando, é claro, essa reorientação em termos de aproximação do seu modelo cognitivo ao projeto político da esquerda fosse levado ao campo institucional e, em particular, no sistema de avaliação do desempenho dos professores, pesquisadores e estudantes.

A afirmação acerca de seu caráter anômalo fica reforçado quando se constata que seus resultados cognitivos são uma condição para potencializar políticas que estão sendo orientadas pelo projeto político da esquerda. Exemplos delas são as que visam à produção de bens e serviços e que abarcam desde a saúde até a de produção de commodities, passando pela geração de trabalho e renda, seria razoável enfrentar alguns setores que dela se vêm beneficiando.

Mais força ela ganha quando se constata a quase inexistência de manifestações críticas à orientação da PCT de integrantes daquele segmento de esquerda da

comunidade de pesquisa brasileira. Inclusive de alguns que além de possuírem elevado prestígio entre seus pares se notabilizam pelo alinhamento com o projeto político da esquerda e, mais do que isto, atuam em conformidade com ele no âmbito de outras políticas.

O objetivo desta seção é, então, apresentar evidências de natureza discursiva que mostram a anomalia da PCT brasileira e, por extensão, como esta categoria ajuda a melhor entendê-la e, esta é a intenção, torná-la mais coerente com o projeto político da esquerda.

Apesar de existirem muitas outras evidências a respeito de como pensam os fazedores da PCT brasileira que poderiam ser destacadas do seu discurso (entrevistas, artigos) acerca das questões atinentes à anomalia da PCT, farei referência a uma que considero, entre outras coisas pelas características do ator que a enuncia, um marco importante para caracterizar o caráter anômalo da PCT brasileira. Ele ocorre em fevereiro de 2012, quando assume o Ministério da Ciência, Tecnologia (que, mais tarde e sintomaticamente, em sua gestão, é rebatizado como Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação) um novo ministro, o pesquisador Marco Antônio Raupp. Pertencente à elite científica (e “tecnológica”) nacional, ele tem acompanhado de perto a elaboração da PCT, inclusive como protagonista em cargos institucionais e ocupando posições de liderança em associações representativas da comunidade de pesquisa.

Ele foi apresentado à opinião pública, provavelmente por sugestão sua, como um “técnico”. Termo que, na acepção que se costuma dar ao termo, significa um “não-quadro-político” ou, mais precisamente, uma pessoa “desprovida de ideologia”, que pauta suas ações por critérios “técnicos”.

49

O que na realidade não corresponde às declarações e ações que ele vem desenvolvendo no âmbito da PCT. Por visarem o estímulo à inovação na empresa privada e à aproximação da atividade de ensino, pesquisa e extensão realizadas na universidade pública a sua agenda de pesquisa, elas denotam um perfil ideologicamente enviesado e revelam preocupações políticas bem definidas. O que, verdade seja dita, não é de estranhar e apenas desnuda o inevitável caráter político que possuem as políticas públicas e, as pessoas que as elaboram. A trajetória do novo ministro, sem ser conservadora, o aproxima daqueles fazedores de política que vêm defendendo no âmbito da PCT uma agenda pouco coerente com o projeto político da esquerda e com o viés progressista que vem sendo imprimido a outras políticas. Sobretudo aquelas que, como dito acima, podem ser reorientadas sem colocar em risco a governabilidade.

Logo após sua posse, o novo ministro deu uma entrevista reproduzida em várias publicações em que ressaltava a “necessidade aumentar a colaboração entre a geração de conhecimento no meio científico e o desenvolvimento de pesquisa nas empresas privadas”. Nas suas palavras: “Uma das necessidades que se impõem é a construção de um modelo que faça a aliança entre o conhecimento científico e a economia”.

Parece ser através desse “modelo” a ser construído que ele pretendia, na ponta da empresa, materializar a sua crítica acerca do seu pouco interesse em P&D. De fato, em seguida à expressão do seu desejo - “As empresas têm de investir também” -, ele diz, como se elas não soubessem como obter o lucro que justifica a sua existência, ou escolher racionalmente se precisam ou não inovar e de que forma devem fazê-lo, se mediante P&D interna ou aquisição de máquinas e equipamentos, “Precisamos criar condições para que elas vejam que poderão ter benefício econômico a partir de pesquisa”. Em trabalhos como Dagnino (2008b), cujo título é “Por que os ‘nossos’ empresários não inovam?”, me dedico especificamente a mostrar porque a racionalidade defendida

Na ponta da universidade pública, o modelo viria a corrigir o que ele considera um desvio: o fato de ela não estar oferecendo o conhecimento incorporado em pessoas que a empresa, segundo ele, está a demandar. Como se o conhecimento que gera e difunde e os profissionais que forma, em particular os pós-graduados que efetivamente poderiam realizar P&D na empresa, não fossem em tudo semelhantes àqueles cuja produção ocupa as melhores universidades do mundo. Respondendo à provocação de um entrevistador expressa na pergunta “Falta pesquisador no Brasil?”, o ministro responde “Sim. Nossa pós-graduação se concentrou em formar pessoas para as próprias universidades” enquanto “precisamos de gente para trabalhar nas empresas”.

50

De novo, aqui, aparentando desconhecer o quanto foi e segue sendo debatida a questão subjacente a este assunto, de profundas raízes ideológicas e significativas implicações para a sociedade e para a própria universidade, ele assevera que ao “estabelecer uma parceria com o setor produtivo” e “mostrar às universidades que elas têm grandes vantagens em entrar na problemática do desenvolvimento do País, com as empresas, com a área econômica, sobre assuntos estratégicos”, será alcançado seu objetivo de “dar consistência à pesquisa tecnológica no país”.

Empreguei a expressão “aparentando” em função do que me parece ser o uso de um eufemismo quando ele se refere ao estabelecimento de contratos para realizar pesquisas de interesse das empresas privadas falando em “estabelecer uma parceria com o setor produtivo”; à busca de recursos alocados por elas, em geral mediante o repasse de dinheiro público, falando em “entrar na problemática do desenvolvimento do País”; à necessidade de aproximar a universidade ao que ele equivocadamente supõe serem as demandas colocadas pelas estratégias das empresas inovadoras falando em “assuntos estratégicos”; e ao objetivo de atender a estas supostas demandas mediante a pesquisa universitária falando em “dar consistência à pesquisa tecnológica no país”.

Respondendo à pergunta de um entrevistador (“Seu governo será de continuidade?”), o ministro respondeu: “É o mesmo governo. Não vou reinventar a roda. Minha missão é acelerar a roda.” Frase que, no contexto em que foi dita, significa que ele pretender aprofundar a orientação seguida pelo seu antecessor, de estreitar a relação entre universidade e empresa. A qual, como bem apontado no trabalho, é o que caracteriza (e dá sentido) desde o seu surgimento, há sessenta anos quando se supunha que isso seria suficiente para que a empresa pudesse

desenvolver tecnologia e se tornar competitiva, o atributo de política-meio que tem a PCT.

Fica evidente, observando o que foi apresentado nos últimos parágrafos, a relativa artificialidade da separação heurística, que é o centro deste trabalho, entre a anomalia genérica da PCT e a atipicidade da PCT brasileira. De fato, os defensores da PCT atual, e não teria porque ser diferente, utilizam argumentos que ora revelam seu caráter anômalo, ora, como ficará mais claro em seguida, seu caráter atípico.

Finalmente, e concluindo esta seção, ressalto que embora seja possível indicar muitas outras evidências discursivas presentes em manifestações de pessoas responsáveis pela elaboração (formulação, implementação e avaliação) que poderiam reforçar o argumento acerca da anomalia da PCT brasileira, considero a aqui apresentadas como suficientes para mostrar a sua anomalia.

5. A atipicidade da PCT brasileira

O termo atipicidade (que tem como sinônimos particularidade, singularidade, excentricidade) usado aqui para denotar a PCT de países periféricos, se refere à diferença, em termos qualitativos e quantitativos, entre o comportamento dos atores com ela envolvidos e o que eles apresentam nos países avançados. O que, para deixar claro e abusando das metáforas, significa que a peça Sistema Nacional de Inovação, que ao que se sabe tem tido grande sucesso nesses países, não poderia ser encenada no Brasil. Faltariam aqui “atores e atrizes” capazes de desempenhar o papel que aqueles dos países avançados lá desempenham. O que significa que apesar dos esforços que os fazedores da PCT têm feito nesse sentido, os atores nacionais não conseguem imitar o desempenho que deveriam ter os protagonistas dessa peça.

A diferença entre o comportamento das empresas dos países avançados e das aqui localizadas em relação à realização de atividades de P&D pode ser inferido diretamente das contribuições críticas e politicamente enviesadas do PLACTS à PCT latino-americana. Há mais de quatro décadas, elas ressaltavam as implicações de sua condição periférica sobre o comportamento empresarial frente à inovação. Contribuições que, como se irá mostrar, além de válidas no plano argumentativo são corretas, dado que empiricamente comprováveis pelas evidências agora disponíveis para o caso brasileiro.

Uma citação de Amilcar Herrera, um dos integrantes do PLACTS que mais incisivamente tratou o tema é suficiente para ilustrar essa visão: “Se trata de un empresariado que aparece y se desarrolla tardíamente; en número limitado por la estratificación social rígida; frenado por, a la sombra de, o en ensamblamiento con fuerzas tradicionales y monopolistas del país y del extranjero, con escasas posibilidades de competitividad y capitalización. Su horizonte no excede los ámbitos de lo mercantil y dinerario. No representa ni transmite lo que merezca preservarse del orden tradicional; ni opera como vehículo de innovación” (1970: 7).

Esse comportamento era visto pelo PLACTS como sensivelmente distinto do visado pela PCT orientada pelo modelo institucional ofertista linear do Relatório Bush que ele criticado. Mais recentemente, o modelo de PCT da Economia da Inovação que codificou a síntese neoliberal que emergiu da realidade e das experiências de modelização da relação CTS e de elaboração da PCT dos países avançados, tem levado a fazer com que os fazedores da PCT tentem irrealisticamente mudar o comportamento das empresas locais, que eles consideram irracional e atrasado.

Em função desse comportamento empresarial, estabeleceu-se em nossa PCT um mito fundador: o de que cabe à universidade pública a função de pesquisar para obter resultados úteis para a empresa privada. Arraigado nas elites, ele é aceito, inclusive, pelo seu segmento nacionalista que, denunciando nossa condição periférica, preocupa-se com a debilidade das empresas nacionais frente às do “império”. E supõe ingenuamente que aquilo que as universidades fazem, possuem no que respeita à infraestrutura material e humana para a pesquisa, e produzem em termos de conhecimento, poderia ser usado pelas e nas empresas. Esse mito vem orientando as ações governamentais visando ao estímulo a atividades tecnocientíficas, desde antes da década de 1950 e muito antes de que existisse, como tal, uma PCT.

Como qualquer outro, esse mito nasce de uma simplificação da realidade modelizada pelo senso comum. Ele se caracteriza por transformar a exceção, o fato de algumas empresas estrangeiras terem “dado certo” desenvolvendo tecnologia a partir de resultados de pesquisa universitária, em pauta de conduta ou em modelo de política pública.

A promoção da relação universidade-empresa, embora conceitualmente equivocada e apesar de ter seu virtuosismo negado pela evidência empírica, segue sendo o núcleo da PCT que vem sendo formulada, implementada e avaliada pelo seu ator hegemônico, a comunidade de pesquisa.

Equivocada porque presume que o conhecimento que origina a inovação pode ser transferido da universidade, que supostamente o detinha, para a empresa; a qual, por ser débil, não podia gerá-lo. A negação do virtuosismo do agenciamento dessa relação ou, mais corretamente, a afirmação acerca de sua inocuidade para a promoção do desenvolvimento tecnológico e a competitividade nas empresas, vem sendo corroborada pela evidência empírica há décadas existente no nível dos países avançados e, há alguns anos, como retomarei em seguida, no Brasil. Nos EUA, o país que entre nós se toma como referência virtuosa de PCT a ser emulada, apenas 1% do custo da universidade é financiado por contratos de pesquisa com empresas. E que esses contratos representem por sua vez, coincidentemente, em relação ao gasto de P&D das empresas uma parcela também próxima ao 1% (o significa que 99% dos gastos de P&D estadunidense são realizados nelas mesmas).

Como já assinali, já nos anos de 1960, os fundadores do PLACTS apontaram que o modelo linear de inovação proposto pelo *establishment* tecnocientífico estadunidense do pós-guerra e em implementação na região não tinha como funcionar na periferia do capitalismo. Eles nos legaram três ensinamentos que podem

ajudar a entender as limitações das ações que desde aquela época vem sendo implementadas e que paradoxalmente continuam a ser propostas pela PCT.

O primeiro é que, em áreas onde não existia o conhecimento necessário para aplicar um projeto político de alguma elite dominante, fomos capazes de armar a “cadeia de inovação” que vai da “pesquisa pública básica” até o sucesso econômico (Instituto Agrônômico, Embrapa, Cenesp-Petrobras), político-estratégico (CTA-ITA-Embraer, CPqD) ou social (Instituto Oswaldo Cruz). O fato de que isso ocorreu em vários países da América Latina a partir da ação do Estado parece ter passado despercebido pelos fazedores da PCT quando para mostrar a viabilidade da sua proposta de estimular a P&D na empresa privada, citam os “exemplos” das estatais Petrobras e Embrapa, e da ex-estatal Embraer cuja criação e posterior privatização seriam impossíveis sem o apoio do Estado.

Outra importante característica da relação ciência, tecnologia e sociedade na periferia tem passado despercebida. Ou seja, de que, em toda a América Latina, tem sido apenas em segmentos com essa característica -especificidades locais e importância para algum projeto político- que se pôde emular aquela “cadeia linear”.

O segundo ensinamento legado pelos fundadores do PLACTS é: “Em qualquer lugar e tempo, existirão três bons negócios com tecnologia: roubar, copiar e comprar...; e nenhuma empresa ou país irá desenvolver tecnologia se puder realizar um desses três”.

O terceiro, é um corolário para o caso brasileiro. Aqui, mais do que em outros países que foram relegados à periferia do capitalismo – como Índia, Peru, China, onde o conhecimento autóctone não foi arrasado pelo eurocêntrico –, nossa ancestral dependência cultural, o baixo preço da força de trabalho e o elevado grau de oligopólio tornam ainda mais intensa e estrutural a aversão natural da empresa a realizar P&D.

Ou seja, não é porque sejam atrasadas, ou porque não exista “cultura” ou “ambiente de inovação”, como dizem os fazedores da PCT, e sim porque são agentes econômicos racionais, que as empresas “brasileiras” (porque tem um CNPJ) não fazem P&D. Quem duvida disso deve observar a elevada taxa de lucro (que é o critério mais apropriado para avaliar o seu desempenho) que obtêm “nossos” excelentes empresários. O fato de os segmentos em que logramos êxito estarem em geral situados em áreas como saúde humana, vegetal e animal, e recursos naturais, e não na industrial, apenas confirma esse velho, ainda que pouco lembrado, ensinamento.

Já naquela época era possível entender que nossa dependência cultural e, mais genericamente, nossa condição periférica, fazia com que o comportamento racional da empresa industrial, mesmo quando inovadora, não era realizar P&D. Sua atividade inovativa preferida já era, continua sendo, e não há nenhuma razão para que mude, importar tecnologia desincorporada ou incorporada em equipamentos e insumos. E também que, ainda que a nossa universidade detivesse um conhecimento que a empresa “deveria” absorver, seu comportamento não tinha porque ser diferente da

estadunidense que, dificilmente se interessa pelos resultados da pesquisa universitária.

O que não existia na década de 1960 e que só no final dos anos de 1990 começou a ser produzido mediante as pesquisas sobre inovação realizadas pelo IBGE, eram informações empíricas confiáveis concernentes ao conjunto das empresas do país que pudessem comprovar as afirmações do PLACTS e dos que seguiam fazendo os pesquisadores a partir de sua observação e experiência.

No início dos anos de 1980, economistas neo-schumpeterianos dos países avançados mostraram que também lá o modelo linear não funcionava. As empresas que inovavam o faziam a partir de sua própria capacidade de P&D. Com a correta expressão que imortalizaram – “o lócus da inovação é a empresa” -, os economistas da inovação pareciam ter sepultado a ideia que ainda hoje vaga nos círculos em que se decide a nossa PCT.

Aqui, na década de 1990, influenciados por essa visão crítica do ofertismo, muitos dos formuladores da PCT, que desconheciam o PLACTS ou que o consideravam muito radical ou démodé, já estavam convencidos de que o seu componente tecnológico deveria ser alterado. De que ele deveria deslocar seu foco da relação universidade-empresa para o apoio direto à P&D empresarial. Formava-se uma nova coalizão.

54

Os fazedores de política de então esperavam que as empresas industriais, acicatadas pela abertura comercial, iriam se tornar competitivas por meio da transferência dos resultados da pesquisa universitária e a realização de P&D intramuros. O que ficou patente foi que elas, inclusive algumas que eram atípicas pelas atividades de P&D que realizavam, simplesmente venderam seus ativos ao capital estrangeiro para explorar outros negócios, provocando a informalidade que até agora amargamos.

Mas voltando ao momento presente vou fazer uma rápida avaliação dos resultados que vêm alcançando a PCT. Seu propósito é, perseguindo um caminho de crítica interna, mostrar o fracasso da PCT em curso em cumprir os objetivos que ela mesma se colocou a partir da informação quantitativa disponível. Com isso, pretendo mostrar que a PCT brasileira, devido ao fato de conter medidas e ações que supõem um comportamento dos atores com ela envolvidos significativamente distinto daquele que se pode depreender da evidência empírica disponível deve ser considerada atípica.

Desde os anos de 2000, quando se verificou que não era suficiente fazer pesquisa e formar pessoal na universidade para que a empresa pudesse desenvolver tecnologia e se tornar competitiva, e se passou a focar mais intensamente o objetivo de subsidiar diretamente a P&D na empresa, os recursos não param de crescer. Do aumento do orçamento do MCTI, de 1,6 para quase 9 bilhões de reais entre 2000 e 2011, a maior parte foi destinada a cumprir esse objetivo. Adicionalmente, há recursos semelhantes para inovação que vêm do BNDES e os cada vez maiores provenientes dos mecanismos de renúncia fiscal.

Qualquer política pode ser objeto de uma crítica interna; aquela que não questiona os valores e interesses dos seus formuladores. A que vou fazer em seguida tem por base três critérios independentes: “eficácia (a capacidade de realizar objetivos), eficiência (de utilizar produtivamente os recursos) e efetividade (de realizar a coisa certa para transformar a situação existente)”.

As cinco edições da Pesquisa de Inovação (PINTEC/IBGE) realizadas segundo o Manual de Oslo cobrem um período de treze anos (1998-2008) suficientemente longo para embasar a avaliação que se apresenta a seguir.

Se a política tivesse sido eficaz, seu objetivo de aumentar a P&D nas empresas, ou alterar o sua conduta ou, pelo menos, mudar a percepção de que ela poderá torná-las inovadoras e competitivas, teria sido cumprido.

Comparando a informação disponível para o período, constata-se que isso não ocorreu:

- a parcela da Receita Líquida alocada pelas empresas industriais inovadoras em atividades inovativas, que indica a responsividade das mesmas, diminuiu de 3,8% para 2,5% (uma queda de 35%) e a orientada à P&D permaneceu estável em 0,6%;
- as inovadoras que declararam realizar P&D para inovar diminuíram de 33% para 11% (uma queda de 67%) e as que adquiriram máquinas e equipamentos se mantiveram em cerca de 60%;
- as inovadoras que apontaram a P&D como importante para sua capacidade de inovar diminuíram de 34% para 12% (uma queda de 65%), e as que apontaram a aquisição de máquinas e equipamentos se mantiveram em cerca de 80%.

55

Além da política não ter sido eficaz, dado que não foi “capaz de realizar seu objetivo”, é possível mostrar que tampouco foi eficiente. O fato de que durante o período os recursos disponíveis para sua implementação se multiplicaram, por um fator de mais de 10, enquanto os indicadores que podem ser usados para avaliar a eficiência da política estiveram longe de alcançar uma evolução semelhante, mostra que ela também não foi eficiente. Ela esteve muito longe de “utilizar eficientemente os recursos” disponíveis.

Ainda que não atendesse aos dois primeiros critérios, a política poderia justificar-se por ter tido efetividade. Apesar de não ter ainda alcançado seu objetivo (eficácia) e de não ter conseguido aplicar bem os recursos disponíveis (eficiência), ela poderia estar na direção correta, uma vez que estava “realizando a coisa certa para transformar a situação existente”: a baixa propensão à P&D das empresas.

Com relação à efetividade a informação disponível mostra que:

- entre as empresas pesquisadas que não inovaram a parcela que apontou como o maior obstáculo à inovação a “escassez de fontes de financiamento” chegou a ser 12%, enquanto que a que entendeu serem “condições de mercado” alcançou 70%. O que indica que as ações de multiplicar os arranjos institucionais para subsidiar a P&D empresarial, e aumentar brutalmente os recursos oferecidos, não são “coisas certas”;
- das inovadoras somente 7% se relacionam com universidades e institutos de pesquisa e 70% destas consideram estas relações de baixa importância. O que sugere o mesmo em relação à criação incubadoras, polos e parques tecnológicos, e ao estímulo ao patenteamento universitário e ao estabelecimento de parcerias;
- dos 90 mil mestres e doutores formados em “ciências duras” entre 2006 e 2008, apenas 68 foram contratados para realizar P&D em empresas (cifra que contrasta radicalmente com a que se verifica nos EUA, onde mais da metade deles são absorvidos com esta finalidade). O que indica que treiná-los para colocá-los à disposição das empresas mediante de bolsas, como está fazendo o governo, tampouco pode ser considerada uma ação frutífera.
- o fato de que as pouquíssimas empresas realmente inovadoras e competitivas, dado que introduziram produtos (0,7% do total de inovadoras) ou processos (0,2%) considerados novidades para o mercado mundial, serem pouco responsivas às medidas de política implementadas -a ponto de algumas sequer poderem ser tratadas em conjunto com empresas privadas, como a Petrobras- aponta no mesmo sentido.

56

Para concluir esse procedimento de crítica interna, que permitiu mostrar a desproporção entre os resultados alcançados em termos da dinâmica inovativa empresarial, por um lado, e o esforço institucional despendido e os recursos públicos disponibilizados, por outro, é conveniente explicar sua origem. Ela reside na inadequação do modelo da PCT à realidade periférica. Mais especificamente, ao comportamento atípico, no sentido de não condizente com o esperado (ou prescrito) por esse modelo, das empresas locais.

Considerações finais

A motivação inicial deste trabalho é a observação de que os governos latino-americanos que foram eleitos em oposição ao neoliberalismo e que vêm implementando, muitas vezes colocando em risco sua governabilidade, políticas públicas coerentes com o processo de democratização em curso, têm encontrado grande dificuldade em orientar sua PCT num sentido coerente com este processo.

Entendendo o trabalho como composto de dois momentos -descritivo e explicativo- poder-se-ia resumir seu resultado com as seguintes considerações.

No momento descritivo, e no plano da crítica externa, acredito ter mostrado na seção “A anomalia da PCT brasileira” como ela, apesar de elaborada por um governo de esquerda, manteve a orientação inaugurada no período neoliberal que vai de 1990

a 2002.⁶ E, no plano da crítica interna, considero que foi possível evidenciar que a PCT implementada se tem mostrado ineficaz em relação ao objetivo de aumentar a propensão a realizar P&D das empresas).

No momento explicativo, que explica as origens e condicionantes da situação existente, acredito ter conseguido relacionar duas particularidades da PCT brasileira atual aos dois conceitos centrais -política “normal” e política anômala- discutidos neste trabalho.

A primeira particularidade, a contraditória manutenção de sua orientação neoliberal, tem sua origem numa característica (ou, melhor, propriedade) genérica da PCT, que denominei anomalia, apoiando-me em conceitos da Análise de Políticas e da crítica à neutralidade e ao determinismo da tecnociência para examinar a PCT dos países avançados.

A segunda particularidade, sua ineficácia em aumentar a propensão à P&D na empresa, se deve ao que o PLACTS, há muito tempo, já havia chamado a atenção e que, nele apoiado e tendo agora por base a evidência empírica então inexistente, chamei de atipicidade. Essa característica específica da PCT dos países periféricos. Enquanto a abordagem realizada a esse último assunto (atipicidade), por já ter sido explorado em outros trabalhos de colegas filiados ao PLACTS, inclusive de minha autoria, não foi o foco deste texto, o segundo (anomalia), pelo menos no que tange ao tratamento que a ele se refere é, até onde eu posso perceber, relativamente original.

57

Quando o PLACTS formulou sua interpretação sobre o desenvolvimento tecnocientífico latino-americano, nosso atraso era atribuído, pela maior parte da esquerda (tradicional), apoiando-se nas ideias cepalinas e no reformismo do marxismo stalinista, aos obstáculos associados ao imperialismo. Em conjunto com os “resquícios feudais”, eles impediam o desenvolvimento de um capitalismo baseado num Estado-nação independente e soberano. Entendia-se a “burguesia nacional” como capaz de nuclear uma aliança com o operariado e outros atores em prol de uma revolução democrático-burguesa que fundasse, como havia ocorrido no então Primeiro Mundo, o capitalismo latino-americano.

Privilegiando o imperialismo com o “inimigo principal” e elegendo como “contradição principal” daquela conjuntura aquela que opunha essa aliança ao capital multinacional, a esquerda tradicional buscava gerar um clima de mobilização nacional que estimulasse a burguesia industrial nascente a assumir o que era considerado como sendo o seu “papel histórico”.

6. A consideração da coalizão que ocupa o Executivo do Estado brasileiro como sendo um “governo de esquerda” não é consensual. Dentre os intelectuais que eu classifico como de direita, é comum a colocação de que já não existe esquerda ou direita. E, dentre os que considero de ultraesquerda há os que a consideram neoliberal.

A minoria que antepunha a essa racionalidade interpretações como a da Teoria da Dependência considerava que a elite local era dependente das elites dos países ricos, de sua cultura e de seus padrões de consumo eurocêntricos. E como estava a ela conectada, de forma subordinada, por fortes laços culturais políticos e econômicos, não estava interessada apostar num caminho de desenvolvimento autônomo.

E era por alinhar-se à concepção que se contrapunha àquela da esquerda tradicional, que o PLACTS entendia que o rompimento da “dependência tecnológica” só poderia ocorrer pela via da adoção de um “projeto nacional” que contivesse uma “demanda social” por conhecimento tecnocientífico autóctone. E que enquanto isso não ocorresse, as elites empresariais, inclusive as nacionais, não teriam porque aproveitar os resultados da pesquisa ou os profissionais qualificados gerados pelo complexo público de ensino superior e de pesquisa. Suas demandas em relação a esse complexo não se deviam a intenção de realizar P&D e se limitavam aos desafios colocados pela adaptação e operação de tecnologia importada (em especial a incorporada em máquinas, equipamentos e insumos) que o processo de industrialização por substituição de importações trazia consigo.

Contrariando essa avaliação, a comunidade de pesquisa responsável pela elaboração da PCT vem perseguindo desde então uma estratégia de sucesso duvidoso semelhante àquela que adota, no plano político (da política e das políticas), a esquerda tradicional. Ao tentar criar um “ambiente de inovação”, através da criação de mecanismos institucionais e da alocação de recursos para estimular o empresário, entendido como “atrasado” e ainda não “convencido” de que a realização de P&D é a melhor maneira de inovar e se tornar competitivo, a comunidade de pesquisa parece estar incorrendo num equívoco análogo. Também nesse caso, ao pretender, no plano tecnocientífico e da dinâmica inovativa, que o empresário tenha um comportamento semelhante ao dos seus congêneres do capitalismo avançado, ela vem tentando reencenar o enredo análogo (e fracassado) que colocava a burguesia nacional como um ator principal, capaz de enfrentar o capital multinacional em prol do desenvolvimento brasileiro.

O segmento de esquerda da comunidade de pesquisa atua como se estivesse ainda vivendo o tempo em que a esquerda tradicional tentava fazer com que a burguesia nacional lançasse mão dos recursos humanos e materiais locais para forjar uma rota autônoma de desenvolvimento para o país.

A realidade globalizada dos nossos dias, sem tirar de cena, transforma a maneira como nela aparece as questões do imperialismo e do nacionalismo. Não se trata de fazer com que a empresa de capital nacional se fortaleça a partir da capacidade (ou potencial) tecnocientífica do complexo público de ensino e pesquisa de modo a opor-se às multinacionais no plano interno ou externo. O objetivo da PCT se imita a fazer com que a empresa local, que por possuir um CNPJ é considerada brasileira independentemente de seu capital ser nacional ou estrangeiro, seja estimulada a aproveitar-se desse potencial. O que, por não estar ocorrendo (e dificilmente poderá vir a ocorrer mantidos os contornos da situação atual), vem preocupando a comunidade de pesquisa responsável pela elaboração da PCT ameaçada de não

mais poder manter um círculo que ela segue tentando apresentar como virtuoso, mas que se revela cada vez mais, mesmo quando se aceita os objetivos bastante questionáveis que ela persegue, como vicioso.

É como se as ações governamentais frente às antigas questões do imperialismo e do nacionalismo se devessem limitar ao âmbito do complexo público de ensino e de pesquisa e não se deixar contaminar pelo âmbito privado do tecnológico-produtivo em que se situam as empresas nacionais e estrangeiras. Como se a razão de ser da PCT fosse tão somente incrementar o seu potencial passível de ser aquilatado pelo número de mestres e doutores formados, de artigos publicados e citados, pelo pertencimento às instituições de “classe mundial”, pela posição no ranking internacional das universidades. E, mais recentemente, de patentes depositadas, independentemente de quem as deposita, se universidades públicas ou empresas multinacionais, ou se, algum dia, elas possam vir a ser de fato licenciadas e utilizadas. Como se para avaliar a PCT no que respeita àquelas antigas questões do imperialismo e do nacionalismo fosse suficiente assegurar que ela leve ao incremento da “competitividade” da ciência nacional elidindo qualquer preocupação a respeito de qual é seu impacto na competitividade da empresa de capital nacional. E note que eu nem sequer estou mencionando o espinhoso assunto da relevância da produção científica apoiada pela PCT ou as implicações que ela deveria ter para a solução dos problemas que afligem a maioria da população.

Frente a essa situação, os participantes do segmento de esquerda da comunidade de pesquisa com algum grau de (in)formação marxista, que é o que poderia se organizar para alterá-la, costuma dizer algo como “Embora no capitalismo, a tecnociência sirva para elevar a “eficiência” dos trabalhadores passível de ser apropriada pelos proprietários dos meios de produção, como lucro, como “as forças produtivas” se desenvolvem linear e inexoravelmente, sua sucessiva tensão com as relações sociais de produção (escravistas, feudais, capitalistas, socialistas) levará necessariamente ao modo de produção comunista. E como a tecnociência que hoje oprime a classe trabalhadora é neutra, amanhã, com a revolução, poderá ser apropriada por ela e usada para construir o socialismo, estamos, como militantes, trabalhando para isto. Mas enquanto as condições para a revolução não estão maduras, devemos promover a C&T de “qualidade”. Por isso, vamos fazer o que querem as lideranças científicas; afinal, elas é que sabem de tecnociência”.

59

Para concluir uma última esclarecimento e desafio relacionados ao que afirmei anteriormente sobre o fato de que o tratamento dado ao assunto que batizei de anomalia da PCT ser relativamente original. Há que ressaltar, a respeito, que partindo de outra matriz ideológica, autores como Sarewitz (1996), se aproximaram da análise dessas implicações ao apontar a existência dos mitos orientadores da PCT.

Adentrando no plano ou momento normativo, há também que enfatizar que embora, tal como eu mesmo tenha reconhecido a partir de leituras que resenhei em Dagnino (1977 e 2008), que os assuntos referentes à neutralidade e ao determinismo da tecnociência tenham sido objeto da atenção de autores marxistas críticos à trajetória do stalinismo, a sua relação e, em especial, as suas implicações para a PCT, não foi por eles tratado. O que em consequência, fez com que no plano normativo, do

processo decisório da C&T, o segmento de esquerda do seu ator dominante (ou hegemônico no caso dos países periféricos), não tenha se preocupado em materializar seu projeto político numa agenda que aproximasse a PCT da orientação que, em muitos casos, seus próprios membros, propunha para outras políticas públicas.

Talvez o fato que explorei em outro trabalho (Dagnino, 2008a), de que a preocupação com a relação CTS ter surgido na América Latina, diferentemente do que ocorreu na Europa e nos EUA, com um olhar claramente focado e orientado para a PCT, explique o surgimento de um “debate implícito”, ou inviabilizado em função de conflitos encobertos para uns e latentes para a maioria do segmento de esquerda da comunidade de pesquisa latino-americana, acerca da neutralidade e do determinismo.

Nesse particular, vale enfatizar que no âmbito do PLACTS, a formulação que durante muito tempo foi dominante na discussão sobre a PCT latino-americana e que, ainda hoje se mantém como uma referência importante no debate acerca de sua orientação, a posição majoritária não questionava a neutralidade e o determinismo. Cito a esse respeito Amílcar Herrera, um dos fundadores do PLACTS que mais tratou dos aspectos políticos relacionadas à PCT e que como quase a totalidade dos demais, se alinhavam com essa corrente. Acerca do caráter pretensamente universal, e, portanto, neutro, da tecnociência, e das implicações que isto colocava para a PCT, ele assim se expressava: “Los métodos y el fin de la ciencia son efectivamente universales, y el intercambio continuo y la conexión estrecha con el sistema científico mundial son la única garantía de un nivel de calidad acorde con el que exige el trabajo científico moderno. No puede existir una ciencia ‘latinoamericana’; lo que sí puede, y debe existir, es una ciencia cuya orientación y objetivos generales estén en armonía con la necesidad de resolver los múltiples problemas que plantea el desarrollo de la región” (1971: 97).

60

Ou seja, sua posição, expressa também em outras de suas contribuições (de inestimável valor, destaco, para fortalecer a corrente de pensamento nacionalista que defendia, e defende, a autonomia tecnológica e científica dos países latino-americanos) era de que aquela “ciência universal” poderia ser “usada” para promover o desenvolvimento da região.

O único dos integrantes do PLACTS que não endossava essa proposição foi Oscar Varsavsky. Segundo ele: “Los medios de difusión de nuestra sociedad ensalzan estas virtudes de la ciencia a su manera, destacando su infalibilidad, su universalidad, presentando a las ciencias físicas como arquetipo y a los investigadores siempre separados del mundo por las paredes de sus laboratorios...” (1969: 14). E segue, dizendo: “Su historia (da ciência) se nos presenta como un desarrollo unilineal, sin alternativas deseables o posibles, con etapas que se dieron en un orden natural y espontáneo y desembocaron forzosamente en la ciencia actual, heredera indiscutible de todo lo hecho... cuya evolución futura es impredecible pero seguramente grandiosa, con tal que nadie interfiera con su motor fundamental: la libertad de investigación (esto último dicho en tono muy solemne)”. E apontava em seguida, referindo-se em conjunto à anomalia e à atipicidade, uma das implicações que esse

fato, por induzir uma percepção nos participantes da comunidade de pesquisa, tinha para a PCT latino-americana: “Es natural, pues, que todo aspirante a científico mire con reverencia a esa Meca del Norte, crea que cualquier dirección que allí se indique es progresista y única, acuda a sus templos a perfeccionarse, y una vez recibido su espaldarazo mantenga a su regreso -si regresa- un vínculo más fuerte con ella que con su medio social. Elige alguno de los temas allí en boga y cree que eso es libertad de investigación, como algunos creen que poder elegir entre media docena de diarios es libertad de prensa.” (1969: 15).

Referências bibliográficas

AGAZZI, E. (1996): *El bien, el mal y la ciencia: las dimensiones éticas en la empresa científico-tecnológica*, Madri, Tecnos.

ALVAREZ, S. E., DAGNINO, E. e ESCOBAR, A. (2000): “O cultural e o político nos movimentos sociais latino-americanos”, em S. E. Alvarez, E. Dagnino e A. Escobar (orgs.): *Cultura e política nos movimentos sociais latino-americanos*, Belo Horizonte, Ed. UFMG, pp. 15-57.

BACHRACH, P. e BARATZ, M. S. (1963): “Decisions and Nondecisions: An Analytical Framework”, *American Political Science Review*, vol. 57.

BAGATTOLLI, C. (2013): *Política científica e tecnológica no brasil: mitos e modelos num país periférico, tese de doutorado*, Campinas, Unicamp.

BAGATTOLLI, C. e DAGNINO, R. (2012): “Inovacionismo e Dinâmica Inovativa no Brasil”, *Congreso de Ciencia y Sociedad 2012*, Berkeley (CA, USA), p. 13.

BELL, M. e PAVITT, K. (1993): “Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries”, *Industrial and Corporate Change*, vol. 2, nº 2, pp. 157-211.

CAPES (s/f): *Várias publicações*.

CNI (2005): *Políticas Públicas de Inovação no Brasil: a agenda da indústria*, Brasília.

CNPq (s/f): *Várias publicações*.

DAGNINO, E., OLVERA, A. J. e PANFICHI, A. (2006): “Para uma outra leitura da disputa pela construção democrática na América Latina”, em E. Dagnino, A. J. Olvera e A. Panfichi (orgs.): *A disputa pela construção democrática na América Latina*, São Paulo, Paz e Terra/Campinas, Unicamp, pp. 13-91.

DAGNINO, R. (1977): *Tecnologia Apropriada: uma alternativa?*, dissertação de mestrado, Brasília, UnB.

DAGNINO, R. (2004): “A Relação Pesquisa-Produção: em busca de um enfoque alternativo”, em L. W. Santos: *Ciência, Tecnologia e Sociedade: o desafio da interação*, Londrina, IAPAR, pp. 101-151.

DAGNINO, R. (2006): “A comunidade de pesquisa dos países avançados e a elaboração da política de ciência e tecnologia”, *Rev. bras. Ci. Soc.*, vol.21, nº 61, pp. 191-201.

DAGNINO, R. (2007): *Ciência e tecnologia no Brasil: o processo decisório e a comunidade de pesquisa*, Campinas, Unicamp.

DAGNINO, R. (2007a): “Os modelos cognitivos das políticas de interação universidade-empresa”, *Convergencia*, nº 45, pp. 84-99.

DAGNINO, R. (2008): *Neutralidade da ciência e determinismo tecnológico*, Campinas, Unicamp.

DAGNINO, R. (2008a): “As Trajetórias dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade e da Política Científica e Tecnológica na Ibero-américa”, *Revista de Educacao em Ciencia e Tecnologia*, vol.1, nº 2, pp. 3-36.

DAGNINO, R. (2008b): “Por que os “nossos” empresários não inovam?”, *Economia & Tecnologia*, ano 4, vol. 13, pp. 111-120.

62

DAGNINO, R. (2012): “Why science and technology capacity building for social development?”, *Science and Public Policy*, vol. 39, nº 5, pp. 548-556.

DAGNINO, R., THOMAS, H. e DAVYT, A. (1996): “El Pensamiento en Ciencia, Tecnología y Sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria”, *Redes*, nº 7, pp. 13-51

DEUBEL, A-N. R. (2006): *Políticas Públicas: formulación, implementación y evaluación*, Bogotá, Ediciones Aurora.

DIAS, R. (2009): “A Trajetória da Política Científica e Tecnológica Brasileira: um Olhar a Partir da Análise de Política”, tese de doutorado, Campinas, UNICAMP.

FEENBERG, A. (2002): *Transforming Technology: A Critical Theory Revisited*, Oxford, Oxford University Press.

FEENBERG, A. (2010): “O que é a filosofia da tecnologia?”, em R. T. Neder: *A teoria crítica de Andrew Feenberg: racionalização democrática, poder e tecnologia*, Brasília, Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina, pp. 51-65.

FINEP (s/f): *Várias publicações*.

GRAMSCI, A. (1999): *Cadernos do cárcere. V. 1: Introdução ao estudo da filosofia. A filosofia de Benedetto Croce*, Rio de Janeiro, Civilização Brasileira

- HAM, C. e HILL, M. (1993): *The policy process in the modern capitalist State*, Londres.
- HERRERA, A. (1971): *Ciencia y Política en América Latina*, México DF, Siglo XXI.
- HERRERA, A. (1970): *América Latina: ciencia y tecnología en el desarrollo de la sociedad*, Santiago de Chile, Editorial Universitaria.
- IBGE (2002-2010): *Pesquisa de Inovação (PINTEC) 2008*, Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- KINGDON, J. (1984): *Agendas, alternatives and public policies*, Boston, Little Brown.
- KUHN, Thomas (1978): *A estrutura das revoluções científicas*, São Paulo, Perspectiva.
- LACEY, H. (1999): *Its science value free? Values and scientific understanding*, London, Routledge.
- LÖWY, M. (2007): *As aventuras de Karl Marx contra o Barão de Münchhausen: marxismo e positivismo na sociologia do conhecimento*, São Paulo, Cortez.
- LUKES, S. (1980): *O poder: uma visão radical*, Brasília, Ed. da Universidade de Brasília.
- MAGNOLI, D. (2000): *União Europeia: História e Geopolítica*, São Paulo, Moderna.
- MARCOLINO, A. e outros (2013): "DIEESE - Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos. Desenvolvimento, inovação e os trabalhadores: subsídios para a participação do movimento sindical na 4ª. Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação", *Ciência e Tecnologia Social*, vol. 1, nº 2.
- MATUS, C. (1996): *Política, planificação e governo*, Brasília, IPEA.
- MCT (s/f): *Várias publicações*.
- OLIVEIRA, M. B. (2011): "O inovacionismo em questão", *Scientiæ Studia*, vol. 9, nº 3.
- SAREWITZ, D. (1996): *Frontiers of Illusion: Science, Technology and Politics of Progress*, Philadelphia, Temple University Press.
- SILVA, R. (2013): *A comunidade científica, o governo e a agenda de pesquisa da universidade*, tese de doutorado, Campinas, Unicamp.
- VARSAVSKY, O. (1969): *Ciencia, Política y Cientificismo*, Centro Editor de América Latina.

DOSSIER *C/S*

Juan Carlos Toscano, Mariano Martín Gordillo y Álvaro Restrepo *

La Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI) tiene un área de ciencia desde 1997, año en el que se vinculó la Semana Iberoamericana de Educación, que se venía organizando cinco años antes, a un tema que le resultaba nuevo: la ciencia, tecnología y sociedad (CTS) en la educación. Al dar ese paso, se da inicio una hoja de ruta que está a punto de cumplir veinte años.

67

En ese camino, los estudios CTS han sido el espacio en el que siempre se ha movido la organización. No obstante, en esa mirada un organismo como la OEI no podía dejar de contemplar el ámbito educativo, un espacio natural de su actuar, que ha venido tratando a lo largo de su recorrido.

La trayectoria CTS en la OEI coincide con la presencia de Internet en la sociedad. 1997 es el año en el que nace uno de los gigantes de la tecnología: Google. El dominio google.com se registró en dicho año, tiempo en el que se cursaban las primeras invitaciones para la VI Semana Iberoamericana CTS.

* *Juan Carlos Toscano*: secretario técnico del área de ciencia de la OEI. *Mariano Martín Gordillo*: profesor en el Instituto de Enseñanza Secundaria N° 5 de Avilés, España, y coordinador del área de educación de la Cátedra Ibérica CTS+I. *Álvaro Restrepo*: área de ciencia de la OEI - *Sciences Po Bordeaux (Institute d'Études Politiques IEP)*.

Este paralelismo entre la explosión de Internet y la presencia de CTS en la OEI, aunque casual, no deja de ser sintomático. La presencia de redes, comunidades y clubes (todos ellos esencialmente virtuales) ha sido una constante en el devenir del área de ciencia de la organización. Aunque ese caso está en todas las líneas, en la educación es donde más crecimiento ha tenido. Actualmente, la OEI tiene una Comunidad de Educadores con casi 5000 miembros que comparten con sus estudiantes los materiales que se desarrollan. Se trata de una comunidad 100% virtual que colabora y se proyecta desde Internet.

La *Revista CTS* ha sido siempre un medio académico en el que la educación ha estado presente en muchos de sus artículos, aunque sólo en su número 6 dedicó su dossier al tema de la educación CTS. Hacer desde la Cátedra Ibérica CTS+I (Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación) la propuesta de dedicar nuevamente un número a la educación responde a la oportunidad de la celebración del V Seminario Iberoamericano CTS, llevado a cabo en julio pasado en la ciudad de Aveiro, Portugal, y a la fuerza que ha tomado la Comunidad de Educadores para la Cultura Científica, muchos de cuyos miembros acudían a Portugal.

La educación CTS ha tenido un importante peso en las Cátedras CTS+I. A modo de ejemplo, en 2004 y 2005 se propició una Cátedra CTS+I en México con la SEP, los Institutos Tecnológicos y la UNAM, teniendo como resultado muy significativo la incorporación en los bachilleratos tecnológicos mexicanos una asignatura con el nombre de Ciencia, Tecnología y Valores (I, II, III) que sigue siendo impartida. En 2015, se tomó la iniciativa de reeditar el proyecto de Cátedras empezado por una binacional: la Ibérica (España y Portugal); y dando continuidad a la paraguaya, que ha mantenido su actuación desde el primer seminario que se realizó en noviembre de 2013.

La Cátedra Ibérica tiene tres focos: estudios sociales de la ciencia, innovación tecnológica y educación CTS. Una de las novedades que está teniendo la mirada CTS en dicha cátedra es la incorporación de especialistas de educación matemática en los equipos. La Universidad de Córdoba y la Federación Española de Sociedades de Educación Matemática, junto con especialistas de la Universidad de Aveiro, Coimbra y Porto, vienen trabajando en la incorporación de esa mirada CTS en sus investigaciones y propuestas educativas. Por ello, al escoger el nombre del presente dossier, se ha optado por añadir al lema del V Seminario iberoamericano CTS, "Nuevos Desafíos Sociales en la Enseñanza de las Ciencias y la Tecnología", la matemática. Movimientos de renovación pedagógica e iniciativas como STEM (*Science, Technology, Engineering and mathematics*) intentan incorporar la matemática a la enseñanza de las ciencias, siendo hasta ahora campos de trabajo muy separados.

Por todo lo anterior, queremos que este número refleje esa renovada mirada de la educación CTS.

Iniciamos el dossier con un artículo de Walter Bazzo, quien, ante la situación mundial, llena de desequilibrios y graves problemas, hace un vehemente llamamiento a que desde la educación se inicie un cambio que penetre en toda la sociedad. Uno

de los fines de la educación, remarcada en aquella que se realiza con un enfoque CTS, es que se aprenda a valorar y a participar. La educación, los sistemas educativos, deben formar ciudadanos que sean capaces de transformar la realidad actual, para lo cual es necesaria una activa participación para hacer frente a los grandes desafíos que todo el planeta enfrenta en este siglo. Los contenidos educativos deben afrontar la realidad y abrir sus ventanas para que el mundo entre al aula. Sólo así las nuevas generaciones estarán informadas y preparadas para hacer ese cambio global que nuestra generación no ha sido capaz de alcanzar.

Isabel Martins y Alcina Mendes nos comparten un artículo que sintetiza la historia de la enseñanza de las ciencias. El recorrido se inicia con los principales hitos en el avance del conocimiento desde el mundo de la investigación y continúa con los aportes que desde los distintos organismos internacionales se han ido realizando. Para las autoras, la educación científica deberían ser: 1) centrada en los alumnos; 2) socialmente contextualizada; 3) con actividades prácticas en laboratorios; 4) facilitadora de una comprensión de la naturaleza de las ciencias; y 5) con un abordaje multidisciplinar.

Aunque el público habitual de la *Revista CTS* incluye educadores, lo más lógico es que ese perfil se dé con mayor frecuencia en este número por la temática que trata. Todo educador innovador busca formas de sorprender a sus estudiantes con nuevas estrategias. El artículo de Mariano Martín Gordillo, “La ciencia, el futuro y las aulas: algunas propuestas didácticas sobre prospectiva”, incorpora diez propuestas que acercan a los estudiantes desde una mirada interdisciplinar a estudiar y comprender el futuro que regirá sus vidas. Su trabajo se basa en el proyecto *Contenedores*, que a través de IBERCIENCIA la OEI viene propiciando desde julio de 2009, y que ya supera los 400 materiales. Esos materiales son la base desde la cual 4500 docentes de la Comunidad de Educadores para la Cultura Científica son “indisciplinados” con las disciplinas escolares, olvidando las clases magistrales y acompañando a sus estudiantes a conocer, a manejar, a valorar y a participar no por contenidos de manuales escolares, sino por medio de trabajos de prensa escrita que permite aprender desde la realidad que sucede en nuestros días.

69

Celina Tenreiro-Vieira y Rui Vieira presentan una investigación que incide en una de las líneas de trabajo que se propone desde IBERCIENCIA: estrechar el trabajo entre la educación en ciencias y la educación matemática. Ambos espacios han seguido una evolución sin intersecciones y muy alejados el uno del otro. Los avances dados en los dos sectores requieren dar un paso decisivo hacia una mejora sustantiva en la educación: empezar a trabajar de forma conjunta. Los autores hacen ese acercamiento disciplinar poniendo el foco en el pensamiento crítico, uno de los rasgos sustantivos de la educación CTS.

Dentro del Seminario de Aveiro, uno de los simposios trataba sobre el enfoque CTS en la formación de los ingenieros. Aunque en América Latina existen algunas iniciativas relevantes, no es usual que la formación de estos profesionales tenga una mirada CTS. Su producto del trabajo son tecnologías que deben estar al servicio de los usuarios. Carlos Osorio nos ofrece un trabajo que se basa en la experiencia de la ingeniería hidráulica en contextos comunitarios, en los que la participación de los

usuarios hace muy social el resultado de su trabajo. Partiendo de esa experiencia, formula una propuesta a ser incorporada en la formación de los ingenieros para que, además de referencias técnicas y económicas, tengan en cuenta las referencias sociales.

Ana V. Rodrigues y Patrícia João reflexionan sobre la formación docente continua en la educación primaria a partir de una experiencia única en Portugal, y pensamos que en casi toda Iberoamérica, de un Centro Integrado de Educación en Ciencias generado desde el programa “Ciencia Viva” en la ciudad de Vila Nova da Barquinha. Por sus características, permite observar el trabajo docente tanto en el ámbito formal como en el no formal y el informal. La promoción de espacios lúdico-educativos ofrece oportunidades de mostrar la ciencia de una forma contextualizada y muy atractiva, que puede completar las sesiones formales de clase. Igualmente, destacamos la importancia de que el trabajo que se viene haciendo de formar docentes de secundaria en el enfoque CTS se implemente en primaria.

José Antonio Acevedo-Díaz y Antonio García-Carmona también escriben sobre la formación docente, aunque en este caso inicial. Su trabajo, centrado en una controversia científica, argumenta la importancia que tiene la historia de la ciencia (HDC) para comprender la naturaleza de la ciencia (NDC). No hay nada mejor que la HDC para hacer llegar a los estudiantes el carácter dinámico y no cerrado que ella tiene. El avance del conocimiento nunca ha estado libre de luchas entre interpretaciones de un mismo efecto y lo que proponen los autores es hacer llegar esta idea a los estudiantes.

70

Volviendo a la matemática, Raquel Fernández César, Natalia Solano Pinto, Karina Rizzo, Ariadna Gomezescobar Camino, Luis Miguel Iglesias y Alejandro Espinosa presentan el primer avance de su proyecto de investigación sobre las actitudes hacia las matemáticas de estudiantes y maestros de educación infantil y primaria. Son investigadores y profesores de Argentina, Ecuador y España surgidos a propuesta de Raquel Fernández en la Comunidad de Educadores para la Cultura Científica de IBERCIENCIA. La energía potencial que tienen las redes y comunidades es la que les ha permitido conocerse, tratarse y ponerse de acuerdo en una investigación que consideramos muy importante para ir cambiando la imagen pública de la matemática escolar.

Vágner Ricardo de Araujo Pereira y Carlos Roberto Massao Hayashi nos presentan un trabajo sobre un foro de negociaciones simulado para estudiantes de ingeniería. Ya hemos señalado la importancia que otorgamos a la incorporación del enfoque CTS en la enseñanza de esta disciplina. Al igual que en el caso del artículo de Mariano Martín Gordillo, se ofrece un material para usar en el aula que tiene un diseño basado en las simulaciones didácticas y las controversias. Dentro de las distintas propuestas que desde la OEI se han venido generando para uso de profesores, las que primero se realizaron fueron los casos simulados orientados, inicialmente, a su uso con estudiantes de 14 a 18 años, pero cuya versatilidad permitía al mismo tiempo que fueran usados en aulas físicamente sin muros en las zona de El Caguán, en la época en que el presidente colombiano Andrés Pastrana hizo de ese espacio una zona de despeje para la guerrilla, y en las aulas de la Universidad de los Andes en Bogotá.

Termina este dossier con un excelente trabajo de investigación sobre esta Revista CTS, realizado por el equipo del profesor Alvaro Chrispino, en Rio de Janeiro. Este equipo de investigación es uno de los más relevantes en temas de educación CTS y nos ha remitido un estudio sobre las redes sociales formadas por la *Revista CTS* en sus primeros doce años. Aunque todo el estudio aporta mucho, nos satisface especialmente el dato presentado sobre el incremento de los autores latinoamericanos del 70% entre los primeros quince números y los quince siguientes.

Cerramos esta presentación agradeciendo a Isabel Martins, Rui Vieira y a todo el equipo de la Universidad de Aveiro que acogió el V Seminario Iberoamericano CTS, así como a los miles de docentes y al equipo de dinamización de la Comunidad de Educadores para la Cultura Científica por su dedicación, que hace que todo lo que se trabaja en educación CTS en la OEI llegue a millones de estudiantes de Iberoamérica. Finalmente, agradecemos también a la Consejería de Economía y Conocimiento de la Junta de Andalucía por su apoyo, que resulta indispensable para realizar las acciones de ciencia en la OEI.

**Ponto de Ruptura Civilizatória:
a Pertinência de uma Educação “Desobediente” ***

**Punto de ruptura civilizatoria:
la pertinencia de una educación “desobediente”**

***Civilizing Breaking Point:
The Appropriateness Of A “Disobedient” Education***

Walter Antonio Bazzo **

Com este artigo, objetivo apresentar um alerta para a falta de contundência da educação tecnológica e, por extensão, da educação formal como um todo, especialmente relativa às análises das relações CTS e às soluções das graves questões contemporâneas, que vêm comprometendo a sobrevivência da espécie humana e dos demais seres vivos. Estamos passando do limite da passividade e nos tornando quase que coniventes a um processo civilizatório suicida, elitista e, perigosamente, cruel. As variáveis em jogo no tabuleiro complexo das sociedades do norte e do sul do planeta, em algum momento, haverão de se constituir em objetos de trabalho docente, o que ajudará a superar os apassivados sistemas educacionais no mundo inteiro e, ao mesmo tempo, a contribuir para a formação de uma mentalidade que priorize o bem-viver e a equidade social. Considerando o desafio aqui esboçado, alguns autores contemporâneos de diferentes áreas me auxiliarão na defesa dessa ideia, cujo ponto de ruptura exige uma desobediência ao equivocado processo civilizatório vigente que, se ignorado no plano educacional, poderá ter consequências nefastas e irreversíveis à humanidade. Em síntese, a partir das reflexões acerca da equação civilizatória, busco evidenciar as variáveis e os elementos fundamentais envolvidos nessa finalidade no intuito de auxiliar projetos e ações capazes de reverter tal cenário.

73

Palavras-chave: educação desobediente, equação civilizatória, CTS, variáveis contemporâneas

* Agradecimento à professora Jilvania Lima dos Santos Bazzo. Sem a sua inestimável colaboração na revisão da escrita, no constante diálogo sobre as reflexões e argumentos aqui contidos, este trabalho não teria o mesmo resultado.

** Professor titular da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Engenharia Mecânica EMC/CTC. Coordenador do Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica (NEPET). Professor no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT). 88.040-900 – Florianópolis, SC, Brasil. Correo electrónico: walter.bazzo@ufsc.br.

Con el presente artículo, me propongo alertar sobre la falta de contundencia de la educación tecnológica y, por extensión, de la educación formal como un todo, especialmente relativa a los análisis de las relaciones CTS y a las soluciones de las graves cuestiones contemporáneas, que vienen comprometiendo la supervivencia de la especie humana y los demás seres vivos. Estamos superando el límite de la pasividad y volviéndonos casi condescendientes con un proceso civilizatorio suicida, elitista y peligrosamente cruel. Las variables en juego en el complejo tablero de las sociedades del Norte y del Sur del planeta en algún momento deberán constituirse en objetos de trabajo docente, lo que ayudará a superar los pasivos sistemas educativos en todo el mundo y, al mismo tiempo, contribuirá para la formación de una mentalidad que priorice el buen-vivir y la equidad social. Considerando el desafío antes esbozado, algunos autores contemporáneos de diferentes campos me ayudarán a defender esta idea, cuyo punto de ruptura exige una desobediencia frente al equivocado proceso civilizatorio vigente que, si es ignorado en el plano educativo, podrá tener consecuencias nefastas e irreversibles para la humanidad. En síntesis, a partir de las reflexiones en torno de la ecuación civilizatoria, me propongo evidenciar las variables y los elementos fundamentales involucrados en esta finalidad, con el objetivo de brindar apoyo a proyectos y acciones capaces de revertir tal escenario.

Palabras clave: educación desobediente, ecuación civilizatoria, CTS, variables contemporáneas

This paper intends to warn against the lack of forcefulness of technological education and, by extension, of formal education as a whole, especially with regards to the analysis of STS relations on the solutions to serious contemporary issues that are endangering the survival of the human race and other beings. We are going well beyond the limits of passivity and are becoming almost complacent to a suicidal civilizing process that is as elitist as it is dangerously cruel. The variables at stake in the complex game board constituted by the societies of the Northern and Southern hemispheres should become the teachers' focus of attention and work, in order to overcome the passive educational systems worldwide and, at the same time, contribute to the shaping of a mindset that prioritizes good living as well as social equality. In the light of the foregoing, some contemporary authors from different fields of expertise defend this idea, a call to disobedience in the face of the wrongful present civilizing process; should it continue being overlooked in education, it might have dreadful and irreversible consequences for humanity. In short, taking reflections on the civilizing equation as a starting point, this paper intends to bring to the foreground the variables and key elements involved to this end, with the purpose of supporting projects and actions capable of reverting this context.

Key words: disobedience education, civilizing equation, STS, contemporary variables

A catálise

À medida que nos aprofundamos em determinados temas, vamos sofrendo uma catálise que acelera muitas reflexões e impinge certas decisões mais radicais nas relações de poder na sociedade moderna. Além da larga experiência no magistério, das inúmeras participações em eventos nos mais variados espaços da educação e minha lida diária em examinar as diversas correntes do pensamento humano, o motivador maior para a revolução intelectual de minhas ideias são, indubitavelmente, os livros de autores contemporâneos vivamente preocupados com o processo civilizatório. Eles têm sido meus companheiros inseparáveis e consultores fundamentais, que me levaram a bradar, de modo categórico, certa “desobediência” da educação para ocupar lugar prioritário nos debates e análises da vida em sociedade.

Jean-Claude Guillebaud (2003) me acendeu ainda mais a vontade de ousar a pensar e a me expor a tais desafios, ao iniciar seu ensaio com uma reflexão de Georges Bataille em seu livro *A reinvenção do mundo*, onde manifesta suas limitações e desejos de estabelecer diálogo, de gerar ideias contrastantes e generosas:

“Eu gostaria de ajudar meus semelhantes a se habituarem à ideia de que a reflexão é um movimento aberto. Um movimento que nada tem a dissimular, que nada tem a temer. Mas, na verdade, os resultados do pensamento estão estranhamente sujeitos à competição e às suas provas. Ninguém consegue desligar completamente o que pensa da autoridade real que a expressão deste pensamento virá a ter. E esta autoridade se adquire no decurso de jogos, cujas regras tradicionais, um tanto arbitrarias, comprometem aquele que se expressa a fazer crer que seu pensamento é uma operação definitiva e sem falhas. É uma comédia bastante desculpável, mas ela isola o pensamento em revoadas de pássaros que nada mais tem a ver com uma caminhada real, necessariamente dolorosa e aberta, sempre em busca de ajuda e jamais de admiração” (Bataille *apud* Guillebaud, 2003, s/p).

75

Trago para mim essas breves ponderações e proponho, entre os pares na academia, esse sentimento de leveza e liberdade de pensamento. Ideias já existiram com mais contundência em alguns setores do ensino superior, onde incalculáveis pensadores traduziam as relações entre os seres na/da sociedade humana. Parece que de tempos para cá as pesquisas sobre o desenvolvimento tecnológico colocaram para escanteio aquelas produzidas sobre o desenvolvimento humano de forma articulada e inseparável. Isso é grave! Muito grave.

Atualmente, para desconsolo, quando a tradição desses pensadores deveria ser cada vez mais potencializada, os professores estão se entregando a um pragmatismo tal que, cotidianamente, vão substituindo o ser pelo ter e parecer ser. Nessa dinâmica, a produtividade e a competitividade ocupam o lugar da reflexão, do diálogo e da solidariedade. Com isso, a academia se torna um espaço de ninguém e todo mundo,

sem rosto e sem função de agente transformador. Muitas vezes, implacável. Se algo estiver em confronto com os padrões “consagrados” da direcionada liturgia da “pesquisa” dos supostos conhecimentos indispensáveis ao “progresso tecnológico”, é preciso uma atitude cautelosa para dizer – muitas vezes, o óbvio. Os professores se amedrontam em não fazer parte dos “grupos de pesquisas” que movem as instituições superiores. Por outro lado, os “pesquisadores” se acabrunham ao serem chamados de professores. Que equívoco absurdo: como se a instituição pudesse existir sem a presença de ambas as características no seu corpo docente.

O modismo das pesquisas (quantitativa, qualitativa ou qualiquantitativa), impregnado de intenções de retornos exclusivamente econômicos, expulsa do embate o estudioso das questões humanas. Cria-se o ridículo confronto de importância das áreas do conhecimento, colocando intransigentemente um fosso entre o técnico e o humano afastando cada vez mais a tão decantada interdisciplinaridade educacional.¹

Nos idos anos 1950, em um livro até hoje bastante polêmico, Snow (1995) já nos alertava sobre o abismo entre as ciências naturais e as humanidades. E de lá até os dias atuais pouco mudou na autôfaga “luta” de egos entre cientistas e intelectuais. As diversas correntes teóricas, movidas pelo desejo de provar a relevância de uma área frente à outra, desconhecem ou mesmo tornam irrelevantes participações significativas de inúmeros pensadores que contribuíram e contribuem para o aprimoramento humano e, levando junto, o tecnológico.

76

Nessas ilimitadas discussões, muitas vezes empedernidas, a busca se constitui numa só: qual é o campo de pesquisa mais importante para a sociedade contemporânea? Acoplada, inexoravelmente, a pergunta-chave em torno, digamos, dessa desnecessária rivalidade, está outra questão: o que é a pesquisa – afinal? A leitura em diferentes áreas do conhecimento, o pensamento crítico e a imersão em contextos sociais concretos não seriam os elementos indispensáveis para impulsionar as investigações daqueles que trabalham as questões contemporâneas da/na educação? Seguramente, essas leituras cobririam as mais variadas questões que subsidiariam a equação civilizatória, a qual eu me proponho ajudar a desenvolver e, quiçá, a colaborar para a sua resolução.

Certa ocasião, ao escrever um artigo para a OEI, embora menos contundente do que agora, eu já me posicionei diametralmente contrário à perspectiva educacional linear e bem-comportada.² Eu chamava a atenção para a escassez da ênfase CTS dentro das salas de aula. Na oportunidade, pontuei que, embora já existam significativas pesquisas, formação de grupos de investigação e muitas publicações

1. É interessante ler, para aprofundar o tema: BAZZO, W.A. (2015): *De técnico e de humano, questões contemporâneas*, Florianópolis, EdUFSC.

2. Publicado no site da OEI: <http://www.oei.es/divulgacioncientifica/opinion0056.htm>, intitulado: “Porém, como passar à ação? Não estamos fazendo isso?”.

-sem dúvida, fundamentais para o entendimento do problema- havia pouca efetividade dessa abordagem nos processos educacionais.³

Os problemas sociais exibidos diariamente pela mídia local/mundial – a exemplo da escassez da água, das violências, das epidemias, dos estados permanentes de guerra, entre outras questões, provocam ansiedade e, muitas vezes, desesperança nos jovens estudantes, especialmente por estes assuntos estarem tão dissociados dos herméticos projetos escolares. O real e o material não são trabalhados nas salas de aula. Quando muito, os grupos de pesquisa mantêm, apenas entre seus ciclos fechados, as análises mais pormenorizadas de suas teorias, porém, ao assumirem a condição de professores, eles desprezam essas discussões e não estabelecem qualquer relação entre os conteúdos curriculares (disciplinares) e as questões sociais que afligem a todos indistintamente.

Importa esclarecer que, se não tivermos uma base ética cujo fundamento seja o bem-viver, provavelmente, nós nos extinguiremos com as próprias mãos. Pierre Legendre fortalece esta assertiva por meio das seguintes palavras: “A humanidade está sendo acossada pela necessidade de se alicerçar para poder viver” (*apud* Guillebaud, 2003: 11). Será que a atual educação apassivada e descontextualizada está produzindo alicerces para o enfrentamento dessas questões?

Na labuta de professor, a passividade sempre me incomodou. Não sou o primeiro, muito menos serei o único – que bom alento, aliás – a me incomodar com tal comportamento. Um livro do final da década de 1960 já abordava o problema da passividade. Ele me serviu como um tônico e me fez clamar de modo incisivo pela necessária mudança ligada ao sistema de educação formal. Trata-se de “Contestação: nova forma de ensino”, escrito no ano de 1969 quando o homem recém chegava à lua. Um de seus autores, Neil Postman (1994), já havia sido responsável por uma reordenação na minha epistemologia de professor de engenharia com outro livro marcante na compreensão da indispensável formação crítica para o desenvolvimento humano. Postman e Weingartner (1971) foram precisos ao detectar o problema da falta de reflexão na escola dos Estados Unidos na década de 1960. Vejamos:

“Muitos desses problemas estão relacionados com a revolução nas comunicações (ou, pelo menos, são por ela seriamente afetados), a qual, tendo-nos apanhados desprevenidos, inflamou o problema dos direitos civis, desencadeou o problema da ‘escuta eletrônica’ e tornou evidente o problema do sexo, para não falarmos dos problemas dos tóxicos. Depois, temos os problemas resultantes da explosão demográfica, que inclui o problema do controle da natalidade, o problema do aborto, o problema da habitação, o problema do estacionamento e o problema do abastecimento alimentar e do fornecimento de água” (Postman e Weingartner, 1971: 14).

3. Para aprofundamento acerca dessas discussões, consultar: BAZZO, W. A., PEREIRA, L. T. V. e BAZZO, J. L. S. (2014): *Conversando sobre Educação Tecnológica*, Florianópolis, EdUFSC.

É possível afirmar, a partir desse trecho, que a equação civilizatória já foi detectada há muito tempo, mas a educação ainda não se preocupa em resolvê-la nem ao menos analisá-la. E, cada vez mais acentuada na variação de seus componentes, a dinamicidade dessa equação se faz mais evidente e ainda mais aterradorante no século XXI: a mobilidade humana, a imigração degradante em busca das benesses da civilização ao sul da Europa, a inexorabilidade da escassez de energia, o agravamento da questão hídrica, o desmatamento florestal, a produção de lixo eletrônico, o excesso de consumo são apenas algumas novas variáveis – que vêm “recheiar” a complexa equação civilizatória, que todos nós, indistintamente, temos que procurar resolvê-la.⁴

Dentre os conceitos que me alertavam sobre a urgente alteração de rota no processo de formação humana, extraídos de livros e resultantes de observações na vida concreta, alguns balançavam minhas convicções numa gangorra que maturava cada vez mais a convicção de atribuir maior responsabilidade àqueles que trabalham com a educação formal, da educação infantil ao ensino superior, incluindo as indispensáveis pesquisas.⁵ Haverá, portanto, de se efetivar um projeto entre as instituições de educação básica e ensino superior em que se questione sobre o quê, para quê e em favor de quem ou do quê se pesquisa. Urge, portanto, uma reinvenção em rede colaborativa entre os profissionais da educação não somente dos modi operandi, mas, sobretudo, dos assuntos a serem versados. Nesse sentido, Guillebaud (2003) novamente é decisivo ao propor uma “reinvenção”:

78

“Nós, cidadãos modernos, passamos a ter horror às interrogações muito diretas. No caso de questões essenciais, preferimos ater-nos aos debates sobre as maneiras de proceder, por mais bizantinos que sejam; privilegiamos instintivamente as questões de método mais do que as urgências de fundo. Para estas, na melhor das hipóteses, fazemos como se as coisas fossem evidentes por si mesmas ou, o que é ainda pior, pudessem sempre ser deixadas para depois. Em outros termos, existem uma desenvoltura de botom e uma negação ontológica que pesam sobre cada um de nós como uma injunção. Já não nos arriscamos muito, nos tempos que correm, a abordar de frente o que atinja o essencial. Por pouco não estamos fazendo disto uma questão de educação” (Guillebaud, 2003: 12).

A “questão de educação”, mencionada por Guillebaud ao criticar a ausência de pensamento reflexivo, aponta para outro direcionamento e coloca em cheque as

4. Um estudo sobre o significado de algumas dessas variáveis se encontra no livro: CASTI, J. (2012): *O colapso de tudo – os eventos extremos que podem destruir a civilização a qualquer momento*, Rio de Janeiro, Intrínseca.

5. Muitas indicações de livros podem ser encontradas na página do NEPET – www.nepet.ufsc.br – com comentários sobre suas temáticas. Seria interessante a leitura de algumas dessas literaturas, porque a maioria das reflexões lá presentes, ainda que indiretamente, conduziu as ideias ora desenvolvidas neste artigo.

perspectivas teóricas e metodológicas para a produção do conhecimento. De fato, o autor tem razão ao afirmar: “preferimos ater-nos aos debates sobre as maneiras de proceder, [e] já não nos arriscamos muito, nos tempos que correm, a abordar de frente o que atinja o essencial”. E, ao trazer a sua questão de reinvenção ou refundação poderíamos dizer, ele reforça com muita precisão a necessidade do debate frente aos pensamentos totalitários, às verdades pautadas pelas opiniões, pelo viés econômico ou pelo tecnológico e à ditadura da judicialização das relações humanas:⁶

“É a esta prudência que eu gostaria [e eu também] – temerariamente, mas sabendo o risco que corro – de contrapor-me. É pelas questões de fundo que eu gostaria de me interessar e sem deter-me em desvios. Mas para dizer o quê? No que hoje nos repetem em todos os tons, no que nasce do discurso cotidiano ou que se adivinha por trás do que o economista Jean-Paul Fitoussi chama de “a ideologia do mundo”, alguma coisa soa dramaticamente falso. Em suas celebrações e performances quantificadas, em suas concessões ao relativismo, em sua fetichização do indivíduo desligado de quaisquer agrupamentos ou associações, soa algo indefinível que nos alarma como um repicar de sinos. Será que é realmente assim que o futuro se anuncia? *Será que temos que nos resignar ao fim dos pensamentos totalizadores, ao reinado versátil da “democracia de opinião”, às forças de mercado total ou da tecnociência, à rigidez do direito substituindo as crenças coletivas, ao desaparecimento definitivo das utopiase da esperança?*” Por trás desse bricabraque apresentamos novas formas de dominação, desigualdades que se aprofundam, um princípio de humanidade que naufraga. Mas, desta vez, tais ameaças nos encontram desarmados. Não sabemos mais como enfrentá-las. Temos dificuldades até em analisá-las. O sol se esconde. Poucas vezes nos pareceu tão urgente reencontrar alguma terra firme. Refundação, portanto” (Guillebaud, 2013: 12 – grifo meu).

79

6. A equação civilizatória tem a pretensão de servir como uma ferramenta tal qual um algoritmo matemático, que permite, sempre que necessário, alocar novas variáveis que surgem neste mundo convulsionado, exatamente em busca dessa refundação tão bem explicitada por Guillebaud. Refundação de contextos que incorporam, quase que diariamente, novas variáveis, as quais os jovens estudantes precisam aprender a equacioná-las para ajudar a aprimorar as relações sociais, o que favorecerá a efetivação dos princípios de equidade no processo civilizatório em curso.

7. Em um dos vídeos com bastante repercussão na Internet, Galeano, jornalista e escritor uruguaio, relata uma breve história sobre questionamentos de alguns jovens a seu amigo Fernando Birri, cineasta argentino. Ao ser questionado: “Para que serve a utopia?”, Galeano conta que, apesar de ter sentido compaixão pelo amigo devido à complexidade da pergunta, ficou maravilhado com sua resposta sobre a utilidade desse sentimento de lugar ou estado ideal. “A utopia está no horizonte e sei que nunca a alcançarei. Se caminho dez passos, ela se afastará dez passos. Quanto mais eu buscá-la, menos eu a encontrarei, porque ela vai se afastando à medida que me aproximo. Portanto, a utopia serve para nos fazer caminhar” (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Z3A9NybYZj8>). Não há dúvida, caminhar é fundamental para seguirmos a procura de um processo civilizatório verdadeiramente voltado aos seres humanos, de maneira indistinta; que zele pela natureza e suas riquezas ambientais e, pela definição de suas prioridades, as máquinas e seus proprietários precisarão ser avaliados sob o julgo dessa “refundação”.

Diante desse apelo para refundação do sentimento de pertença e coletividade, da utopia e da esperança nas relações sociais, isto é, nos processos de formação humana, mantenho-me firme no propósito de elucidar a grandeza da profissão professor em qualquer área ou nível do conhecimento humano. Apesar das diversidades e do “sol se esconder”, ele é quem ensina os conhecimentos já produzidos e tem a capacidade de criar as condições de aprendizagem para a invenção revolucionária, cujos resultados são decorrentes dos estudos e experimentos realizados pelos (e/ou com) seus alunos.

Refundação e a equação civilizatória

Publiquei, recentemente, na página do NEPET que a educação deveria ser mais malcomportada.⁸ “Solução” ou metáfora – o que seja – cada vez mais se evidencia sua indispensável concretização por meio das relações sociais e, sobretudo, no interior das instituições de ensino. Neste momento, ao escrever este artigo, depois de muitos outros com um pouco mais de resignação relativa ao processo clássico da educação bancária, como salientava Paulo Freire, penso que a contundência se constitui em ferramenta eficiente para chamar a atenção sobre a premência do assunto, em especial junto aos estudantes. De certo modo, desde a sua fundação, o NEPET vem “gestando” a proposta por uma educação menos comportada por meio de inúmeras discussões, produção e difusão das pesquisas realizadas. Os estudos coletivos de vários autores contemporâneos têm se instituído em campo fértil de transformação de práticas docentes, sobretudo porque estão nos levando a aportar em um feixe conceitual que, provisoriamente, tem sido tratado, pelo Núcleo, por uma nova equação civilizatória.

80

Registro que, ao nomeá-lo e propagá-lo amplamente, há sempre o risco de transformação do conceito em clichê a ser mais um inserido ao já tão decantado recinto das palavras mágicas, que apresentam promessas de soluções para a educação tecnológica, notadamente aquelas do sistema educacional brasileiro e de outras áreas. A ideia é utilizar este “recurso” dinâmico que nos permite, ao auscultar o processo civilizatório, introduzir variáveis que cotidianamente passam a fazer parte da cada vez mais complexa vida humana.

Meus estudos e pesquisas nos últimos anos vêm apontando a insuficiência da ideia CTS para compreender e resolver as questões sociais derivadas das relações indissociáveis entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, isto é, dos efeitos da complexa interação dos ecossistemas. Importante destacar que, por volta de 1970, o movimento CTS se traduzia em forte crítica ao modelo de desenvolvimento científico e tecnológico vigente por não ser condizente aos interesses do bem-viver de todas as pessoas pertencentes a diferentes classes sociais, nacionalidades, etnias, idades

8. Disponível em: www.nepet.ufsc.br, seção “Mensagens do Coordenador anteriores” – do mês de novembro de 2015.

etárias e culturas. Época em que foram calcados exatamente o pensamento crítico e o debate em torno desse modelo cuja função primordial era atender aos interesses de uma minoria econômica e politicamente dominante.

As variáveis aumentaram drasticamente e a ideia de CTS, de maneira progressiva e acentuada, vem se distanciando das possíveis resoluções da equação anteriormente desvelada: conflito de interesses e concentração de bens de produção e consumo por uma ínfima minoria da população mundial. Provavelmente, por essa razão, vários grupos de pesquisa começaram a introduzir mais elementos à sigla CTS: CTS+I, CTS+A, CTS+X, Y ou Z. Para mim, a acomodação desses elementos só revela a necessidade de alteração de rota, tendo em vista que as variáveis são extremamente complexas e de natureza diversa, o que dificulta a resolução apenas por meio da relação entre ciência, tecnologia e sociedade. Com o aparecimento frequente dessas variáveis no processo civilizatório, qual será a ordem das prioridades nessa relação? Para gerir qualquer esfera da vida em sociedade, faz-se necessário primeiramente refletir sobre o desenvolvimento humano e, depois, o científico e o tecnológico? No âmbito educacional, o que e como fazer para disponibilizar uma formação profissional ética, que seja capaz de favorecer o desenvolvimento do pensamento crítico, da criatividade, da intuição e dos sentimentos de pertença e identidade? Finalmente, as instituições dos diferentes níveis de ensino podem contribuir para solucionar os problemas já mencionados anteriormente? Eis a lógica da utilização dessa equação sempre aberta a mutações de acordo com o tempo e o contexto em que estamos vivendo.

Percebo que vem ganhando força, com bastante ebulição, uma abordagem que, encharcada pela contundência das percepções dos pioneiros nessa discussão, visa na área de educação tecnológica a efetividade de um verdadeiro projeto societário mundial. Em recente participação em um simpósio internacional, na cidade de Aveiro, juntamente com Carlos Osório (Colômbia) e Ana Cuevas (Espanha), coordenado por Juan Carlos Toscano (Espanha), ao tratarmos sobre o papel da engenharia nesse contexto, ressaltai em minha fala os efeitos de um modelo de desenvolvimento pautado na operação custo-benefício e a necessidade dos profissionais da área tecnológica e da educação compreenderem os limiares do ponto de ruptura civilizatória em curso.⁹

O urgente desmonte desse modelo se baseia, sobretudo, pelos resultados de minhas observações em torno dos atuais fatos históricos, consequentes das ações cotidianas de uma sociedade já quase sem perspectivas esperançosas. Embora movidas pelos promissores debates, as minhas “pessimistas” análises sobre o

9. V Seminário Ibero-americano CTS (V SIACTS) e IX Seminário CTS “Novos Desafios Societais no Ensino das Ciências e Tecnologia” – Universidade de Aveiro, Portugal, julho de 2016. Disponível em: http://aia-cts.web.ua.pt/wp-content/uploads/2016/07/VSIACTS-Programa_completo-2016.pdf. Uma síntese das ideias desenvolvidas no Simpósio I “Uma nova equação civilizatória: a necessidade do entendimento CTS na Educação em Engenharia” encontra-se publicado no *Boletim da AIA – CTS/ Boletim de la AIA – CTS, Educação para mais responsabilidade social*, Março 2016, nº 03. Disponível em: http://aia-cts.web.ua.pt/wp-content/uploads/2015/03/AIA-CTS_Boletim_03.pdf.

processo civilizatório dos dois últimos anos, infelizmente, registram ocorrências deploráveis, que colocam em suspeição a sensatez das pessoas cujos valores culturais as originam de modo indiscriminado: atentados estapafúrdios na França, na Bélgica, na Turquia e em outros países; desastres técnico-ecológicos que aguçaram o medo à extinção na biosfera, a exemplo da tragédia ocorrida em novembro de 2015 no município de Mariana, em Minas Gerais (Brasil), após rompimento da barragem da Samarco – mineradora controlada pela Vale e pela BHP Billiton – e que dizimou praticamente uma região de centenas de hectares, deixando a população local exposta a toda e qualquer desgraça; processos migratórios horripilantes, no mundo inteiro, sobretudo na Europa, onde milhares de pessoas lutam desesperadamente pela sobrevivência e pelo seu direito inalienável à vida, à liberdade e à segurança pessoal.^{10 11 12 13}

Nesse cenário, as guerras, a fome, a seca, as inundações e outras inúmeras mazelas estão sendo a tônica de uma civilização que se orgulha das conquistas tecnológicas encantadoras, ainda que seja negado o direito de usufruto de suas benesses a uma gigantesca parte da população mundial. Por mais esforços que possamos depreender para interpretar esses acontecimentos como logicamente contingentes, impossível evitar a indignação e ignorar as dúvidas sobre a qualidade de ser civilizado e os rumos da abordagem CTS. É possível que alguns argumentem em favor da naturalização desses fatos e tracem uma trajetória histórica e cultural dos seres humanos para comprovar sua tese. Outros haverão de pensar que não é responsabilidade da educação ou que formar sujeitos críticos, generosos e benfazejos é uma tarefa inglória e, às vezes, impossível.

82

Não sou ingênuo a ponto de não reconhecer as inúmeras implicações de outras variáveis nesse emaranhado processo. As culturas instituídas e, constantemente, potencializadas pelo poder de mando e de controle das mentes e dos corpos dóceis aliadas de maneira indissociável à política, à economia, à mídia, ao território e à língua oficial dominante, entre tantos outros elementos, são fortíssimos coadjuvantes nessa empreitada de educar integralmente os jovens estudantes. Entretanto, quem são os agentes de transformação social capazes de reunir as partes universalmente interligadas e condicionantes dos modos de ser, de se relacionar, de produzir e de consumir dos seres humanos com vistas ao rompimento de ciclos viciosos? Serão os professores, os cientistas, os artistas, os religiosos, os juristas ou os filósofos? Existem áreas mais responsáveis que outras por essa hecatombe que se avizinha?

10. Disponível em: http://brasil.elpais.com/tag/atentados_terroristas/a.

11. Disponível em: <http://www.ebc.com.br/noticias/meio-ambiente/2015/11/conheca-os-principais-desastres-ambientais-ocorridos-no-brasil>.

12. Disponível em: <http://www.ufjf.br/ladem/2016/03/15/refugiados-climaticos-nao-tem-onde-buscar-asilo-3/>.

13. *Declaração Universal dos Direitos Humanos*. Disponível em: <http://www.dudh.org.br/wp-content/uploads/2014/12/dudh.pdf>.

De qualquer modo, é premente que saibamos as respostas: quem serão os educadores agentes desse processo? E, por que educar os educadores?¹⁴

Indubitavelmente, não caberá a um único profissional especializado o papel de implementar a refundação ora proposta. No entanto, independentemente da salutar abordagem a ser adotada, reitero que a equação a ser resolvida, visando à resolução dos problemas humanos, necessita de um projeto coletivo em que a educação seja celeiro e promotora de ações que levem em conta todas as variáveis implicadas.

Um ícone na busca desses propósitos

Sou um leitor assíduo das obras de Eduardo Galeano – infelizmente, falecido em 2015.¹⁵ Seus escritos sempre me conduziram a refletir sobre quais seriam as credenciais para ser um professor, educador no sentido pleno do termo. Não me refiro à área específica alguma, apenas reforço a sintonia de visão de mundo, de sociedade e de sujeito partilhada entre nós e a aspiração de uma atuação docente sempre em sintonia com as questões humanas.

Um dos textos do Galeano, “El Derecho al delirio”, me provoca a pensar sobre as soluções das mazelas descritas anteriormente e instaura uma reflexão incontrolável sobre o essencial para o bem-viver. Com ele, percebo o sentido profundo do imperativo: menos treinamento, mais discernimento na formação humana. Em linhas gerais, sua fala revela um delineamento poético de uma educação reflexiva, emancipadora e em consonância com a vida. Entre muitas proferidas ao longo de seu trabalho, as palavras projetam a imagem utópica de uma civilização possível:

83

“Mesmo que não possamos adivinhar o tempo que virá, temos ao menos o direito de imaginar o que queremos que seja. As Nações Unidas têm proclamado extensas listas de Direitos Humanos, mas a imensa maioria da humanidade não tem mais que os direitos de: ver, ouvir, calar. Que tal começarmos a exercer o jamais proclamado direito de sonhar? Que tal se delirarmos por um momentinho? Ao fim do milênio vamos fixar os olhos mais para lá da infância para adivinhar outro mundo possível. O ar vai estar limpo de todo o veneno que não venha dos medos humanos e das

14. Tenho consciência que precisamos responder, pelo menos parcialmente, ao que propunha Karl Marx: “Quem educará os educadores?”. Sei que a ingenuidade não pode ser minha parceira. Multiplicar os educadores com esta visão mais expandida para a questão humana ou ajudá-los a “marchar no passo certo” seria muita pretensão. Mas, sinto-me na obrigação de alertar aos professores sobre a grandeza de sua profissão e destacar sua responsabilidade nos caminhos possíveis para o desenvolvimento humano e tecnológico.

15. Destaco Galeano por sua presença vigorosa e pelas questões diretoras de minha epistemologia. Uma delas, a central, é a sua permanente exigência dos livros para o aprendizado. Acrescento que, devido à sucessão de orientações, aos debates constantes, às influências de leituras e diálogos, estão também centenas de autores contemporâneos que me inspiram a defender as ideias centrais deste trabalho. As leituras criam em mim uma potente ferramenta para podermos, por meio de uma educação mais libertadora, criar um ambiente favorável para sonhar um sonho possível, nomeado pelo autor de “direito ao delírio”.

paixões humanas. As pessoas não serão dirigidas pelo automóvel, nem serão programadas pelo computador, nem serão compradas pelo supermercado, nem serão assistidas pela televisão. A televisão deixará de ser o membro mais importante da família. As pessoas trabalharão para viver em lugar de viver para trabalhar. Se incorporará aos Códigos Penais o delito de estupidez que cometem os que vivem por ter ou ganhar ao invés de viver por viver somente, como canta o pássaro sem saber que canta e como brinca a criança sem saber que brinca. Em nenhum país serão presos os rapazes que se neguem a cumprir serviço militar, mas sim os que queiram cumprir. Os economistas não chamarão de nível de vida o nível de consumo, nem chamarão qualidade de vida à quantidade de coisas. Os cozinheiros não pensarão que as lagostas gostam de ser fervidas vivas. Os historiadores não acreditarão que os países adoram ser invadidos. O mundo já não estará em guerra contra os pobres, mas sim contra a pobreza. E a indústria militar não terá outro remédio senão declarar-se quebrada. A comida não será uma mercadoria nem a comunicação um negócio, porque a comida e a comunicação são direitos humanos. Ninguém morrerá de fome, porque ninguém morrerá de indigestão. As crianças de rua não serão tratadas como se fossem lixo, porque não haverá crianças de rua. As crianças ricas não serão tratadas como se fossem dinheiro, porque não haverá crianças ricas. A educação não será um privilégio de quem possa pagá-la e a polícia não será a maldição de quem não possa comprá-la. A justiça e a liberdade, irmãs siamesas, condenadas a viver separadas, voltarão a juntar-se, voltarão a juntar-se bem de perto, costas com costas. Na Argentina, as loucas da Praça de Maio serão um exemplo de saúde mental, porque elas se negaram a esquecer nos tempos de amnésia obrigatória. A perfeição seguirá sendo o privilégio tedioso dos deuses, mas neste mundo, neste mundo avacalhado e maldito, cada noite será vivida como se fosse a última e cada dia como se fosse o primeiro”.¹⁶

84

A partir desse contraste e tensão entre um processo civilizatório atroz e determinado pelo poder hegemônico e outro a ser concretizado por cada um de nós, coletivamente, podemos extrair muitas lições. Por estarem atreladas ao modelo de “progresso”, as ocorrências levantadas por Galeano da vida prática (exemplo: “As pessoas não serão dirigidas pelo automóvel, nem serão programadas pelo computador, nem serão compradas pelo supermercado, nem serão assistidas pela televisão” etc.) se configuram em manifestações um tanto paradoxais. Essas contradições produzidas pela sociedade tecnológica resultam e alimentam as (inumeráveis) variáveis que alteram a nova e dinâmica equação civilizatória: poluição do ar; produção excessiva de lixo – a notar com mais intensidade o lixo eletrônico cada vez com mais dificuldade de descarte –; contaminação das águas; mobilidade humana e problemas migratórios – ver o brutal problema na Europa que está, inclusive, produzindo rupturas internas na comunidade europeia por tentar resolver o

16. *Apud*: <http://www.recantodasletras.com.br/prosapoetica/3640441>.

problema pelo lado policialesco –; a questão do abastecimento hídrico; a questão energética, as pandemias cada vez mais ameaçadoras, as crianças de rua, entre outras variáveis que mudam ou surgem a cada dia.

Postman e Weingartner (1971) afirmavam que não devíamos ser tão ingênuos e fantasiosos ao ponto de acreditar que todos os problemas sociais são susceptíveis de solução, quer seja através da educação ou de qualquer outra via. Mas, segundo eles, alguns podem ser solucionados e, mais diretamente, por meio de processos educacionais. Faço meus os seus apontamentos. Quando discuto sobre as inúmeras variáveis componentes da equação civilizatória, pretendo tão somente mostrar o grau de complexidade e de responsabilidade a ser partilhado por aqueles que atuam na formação humana, especialmente no ensino superior.

Quando discorremos sobre a responsabilidade da escola – e por extensão dos cursos para a formação continuada de professores – alguns de meus pares retiram ou relativizam sua responsabilidade. No entanto, ela ainda continua sendo a possibilidade mais latente para uma reversão no ponto de inflexão civilizatório. Uma forte observação de Postman e Weingartner (1971) materializa esta afirmativa:

“A escola, afinal de contas, é a única instituição em nossa sociedade que é imposta a todos e o que acontece na escola tem uma grande influência – para bem ou para mal. Usamos a palavra “imposição” por acreditarmos que o modo como as escolas são atualmente orientadas faz muito pouco – e muito provavelmente nada – para promover as nossas chances de sobrevivência mútua, isto é, para ajudar-nos a solucionar qualquer, ou mesmo alguns, dos problemas que mencionamos.¹⁷ Um modo de representar a situação atual do nosso sistema educacional é o seguinte: é como se conduzíssemos um carro esporte de muitos milhões de dólares, gritando: “Mais depressa! Mais depressa!, sem deixarmos de tirar os olhos do retrovisor. É um modo bastante impróprio de dizer onde estamos, muito menos para onde estamos indo e, só por muita sorte, não nos espatifamos – até agora. Dedicamos uma atenção quase exclusiva ao carro, equipando-o com toda a espécie de acessórios sofisticados, preparando o motor para alcançar velocidades cada vez maiores, que parece termos esquecido aonde queríamos ir nele. Obviamente, somos candidatos a levar um safanão dos diabos. A questão não é se, mas quando” (Postman e Weingartner, 1971: 15-16).

85

Tanto em épocas anteriores quanto agora, a mudança constante, acelerada e ubíqua, é a característica mais impressionante do mundo. E os intervalos de tempo cada vez mais diminutos. No entanto, o atual sistema educacional -incluindo os professores- ainda segue inerte em suas mudanças embalado pela ideia, errônea, de que sua

17. Os problemas aos quais eles se referem podem ser comparáveis, no nosso caso e no nosso tempo, às variáveis componentes da nossa equação civilizatória contextualizada.

obrigação é apenas suprir o sistema de mão de obra qualificada. Outras questões para além do conteúdo prescritivo, para muitos burocratas da educação, fogem à alçada da escola.

Ratifico que as aptidões e as atitudes requeridas para, adequadamente, lidar com as rápidas e, muitas vezes, inesperadas mudanças na vida contemporânea são altamente prioritárias. Haveremos de reunir esforços para o desenvolvimento de argúcias, capacidades e intenções qualificadas com vistas a criar um clima escolar que possa ajudar a juventude a compreender, construir e dominar conceitos e valores necessários à sobrevivência integral, à harmonia e à felicidade. A qualidade do trabalho com as variáveis da nova equação civilizatória, sem dúvida, depende dos valores, da ideologia, da epistemologia, das prioridades estabelecidas pelo conjunto de pessoas envolvidas, notadamente do quão são capazes de exercer o direito ao delírio.

O que subjaz à educação nas prioridades humanas

Ainda persistem muitos equívocos no que diz respeito às prioridades estabelecidas para educação por inúmeros setores da sociedade. Os sistemas políticos governamentais, obviamente depois de eleitos, tratam sempre as questões de ordem administrativas e financeiras com primazia absoluta. O crivo passa a ser o meramente econômico. Esta prioridade, no entanto, não é capaz de atender às questões de ordem social e humana. Assumir com contundência a educação e o desenvolvimento humano em qualquer política governamental se coloca como uma máxima inegociável sob a pena de aprofundarmos ainda mais o fosso entre a lógica de um desenvolvimento consumista contumaz apenas e aquela possível de ser concretizada pela refundação de ideias e ações efetivas.

86

O que subjaz à educação e ao desenvolvimento tecnológico no âmbito das prioridades administrativas no Brasil e, por extensão, nos outros países em desenvolvimento deve fazer parte das investigações de grande parcela de grupos de pesquisa espalhada pelas inúmeras universidades, prevalentemente públicas. Provavelmente, os investigadores continuam sendo embalados pela “fascinante” perspectiva de novos produtos e processos, que venham a acelerar o já tão acelerado mercado consumista repleto de aparatos sofisticados – ao alcance de uma minoria soberba e já abarrotada de bugigangas supérfluas.

A principal iniciativa dos setores dominantes na educação é uma coalizão de grupos econômicos que, organizados pelo setor financeiro, pelo agronegócio, exploração mineral e/ou meios de comunicação, defendem um projeto de educação de classe, obviamente interpretando os anseios desses setores para o conjunto da sociedade. Tal fato foi especialmente notado no Brasil – talvez um dos mais importantes países em desenvolvimento no mundo contemporâneo –, por meio de um projeto embrionário chamado “Todos pela Educação”. Bela roupagem para que, novamente, a questão da formação profissional direcionada para a perpetuação do poder hegemônico fosse absorvida pela coletividade acuada pelo desemprego e amedrontada pelo terror midiático. Hoje, ainda mais grave, está em tramitação para

ser aprovado pelo poder legislativo federal um projeto estapafúrdio intitulado “Escola sem Partido”, que busca “castrar” qualquer possibilidade de uma escola crítica, reflexiva e emancipatória.

Em outras palavras, os setores conservadores e afeitos a propostas de segregação (de classes sociais, de idade etária, de gênero e de etnias) se organizam cada vez mais para definirem os princípios e os valores da formação humana das crianças, dos jovens e dos adultos. Pior de tudo, pelos discursos subliminares e intencionalmente programados para massificar pseudoverdades, mascaram a sua constituição de ser notadamente uma política de classe. Neste “jogo” bem arquitetado, eles atuam como classe que tem objetivos claros, projeto definido milimetricamente e concepções absolutas de formação. Suas intenções dissimuladas vão desde converter a geração emergente – ou parte dela que ainda pode frequentar as instituições escolares – em um grande capital humano consumista e “alienado” até bloquear as possibilidades de investimento destinado à classe popular, o que poderia gerar conflitos ainda mais acentuados e provocar a perda expressiva de seus privilégios. E nós, educadores, seguimos com a bem-comportada educação a avaliar o rumo que levará ao que chamo aqui de ponto de ruptura do processo civilizatório.

No bojo dessas propostas para a educação, o que subjaz? Em última instância, o poder hegemônico está preocupado em como fazer com que a juventude seja educada na perspectiva de ser um fator da produção e do consumo. Essa é a racionalidade geral e tem várias mediações pedagógicas. Quase sempre continuísta e adestradora. Aparentemente, estão preocupados com a alfabetização, com a escolarização, com o aprendizado, com a qualidade do ensino. De fato estão absorvidos por estas questões, mas para atender aos seus propósitos.

87

Dentro da matriz classista, o sentido de “educar” a juventude está submetido ao que seria o “novo espírito” do capitalismo. De modos que os jovens pobres, de um lado, não vislumbrem outra maneira de vida que não aquela em que eles serão (mas, não sabem) mercadorias, força de trabalho e atores passivos, e, de outro, os jovens ricos que serão (não só sabem como fazem questão de propagar) líderes, gestores e exploradores do capital humano, simbólico e material.

Portanto, este modelo de desenvolvimento humano precisa ser refutado e, de imediato, uma refundação necessita emergir do coletivo, conforme já discutido amplamente nos tópicos anteriores, inclusive para a segurança daqueles que, a serviço desses setores conservadores, acreditam na infinitude da matéria prima, do meio ambiente e do planeta Terra e, sobretudo, do poder de resolução da tecnologia pela tecnologia.

Como sociedade civil, os setores dominantes estão sempre interferindo nas políticas de Estado, inclusive ferindo os princípios democráticos das decisões da maioria. Articulam por meio de leis, mas também através da adesão de autoridades que podem intervir nos planejamentos educacionais para eternizarem seus mandatos políticos. Usurpam da educação as possibilidades para formar a geração presente-futura. Usam-na como mercadoria de troca para seus interesses políticos espúrios. Essa decomposição amoral, característica da maior parcela dos ricos, subjaz a uma

educação responsável pela emancipação dos cidadãos do país.¹⁸ De forma contundente, precisamos reverter tal situação deplorável, impedindo a viabilidade de uma agenda educacional equivocada que, ao estabelecer interação entre as frações burguesas, as jurídicas, as midiáticas, as políticas e os meios operativos do Estado, este complexo poder hegemônico, muito sofisticado, segue colocando a todos nós, incluindo seus representantes, em risco permanente de vida.

Ao debater sobre as questões de cunho político/dominante, todos aqueles que veem na educação a grande possibilidade de reversão, neste ponto de inflexão civilizatória, precisam começar a montar e, em certas situações, desmontar uma nova equação que possa sempre manter contextualizada a educação crítica, reflexiva e libertadora. Para isso, é fundamental fazer um retrospecto sobre um movimento que foi basilar nas propostas de mudanças e reflexões sobre o processo civilizatório contemporâneo. Refiro-me a CTS. Nesta transição conceitual – e ainda por uma questão de difusão do termo e de sua intensa utilidade para fundamentar os estudos sobre a ciência e a tecnologia – podemos, em várias situações, seguir utilizando CTS como a base diretora de possíveis alterações nos programas educacionais. Uma abordagem que ultrapassa o caráter eminentemente programático do processo produtivo, a partir da revolução industrial.

Sabemos que para qualquer alteração significativa nos resultados que definirão o comportamento e a sobrevivência das gerações presentes-futuras, precisamos conhecer o que subjaz à educação no âmago dos interesses da classe dominante, e de que maneira podemos seguir construindo uma nova e mutante equação civilizatória. Eis o antídoto para a educação adestradora, que segue sendo a prioridade do poder hegemônico: uma educação “desobediente” e menos comportada.

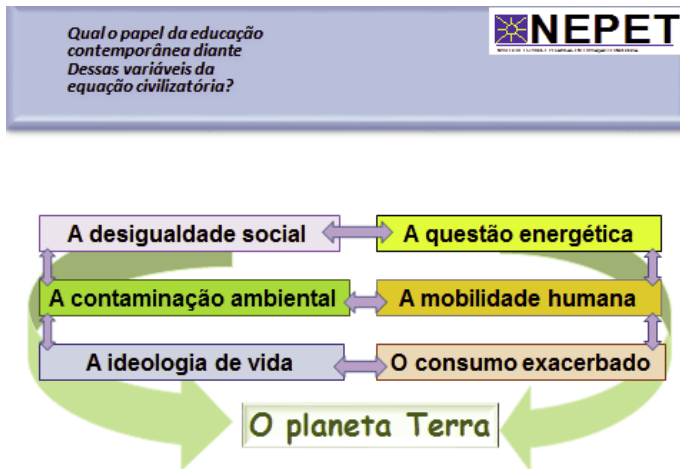
88

Expandindo as reflexões: ou à guisa de conclusões

O planeta Terra passa por problemas de toda ordem. As polêmicas se multiplicam e requerem reflexões e bom senso. Por isso é difícil colocar um ponto final em qualquer escrito sobre este labirinto tão complexo. A figura abaixo, de forma sucinta, registra algumas questões fulcrais que são recorrentes nesta nova equação civilizatória, e que fazem parte das preocupações cotidianas do NEPET. As análises seguem, os estudos se aprofundam e as variáveis se diversificam. Minha intenção, como já salientado no resumo deste artigo, é demonstrar a premência de trabalharmos numa perspectiva crítica, menos obediente e menos conservadora, sendo o enfrentamento dessas questões inadiável na educação. Considero que as contribuições de todos esses pensadores serviram e servem de catalisador para acelerar este processo ora em andamento.

18. Recomendo a leitura de uma obra interessantíssima sobre a atuação das pessoas ricas no mundo: KEMPF, H. (2010): *Como os ricos destroem o planeta*, São Paulo, Editora Globo.

Figura 1. O planeta Terra



Desde que CTS surgiu como possibilidade viva de estancar a avalanche de otimismo das benesses do modelo consumista, é preciso reconhecer que mesmo os mais céticos agora já passam tenuemente a constatar que a educação contemporânea não pode subsistir apenas calcada no aparelhamento tecnológico das escolas, que ainda reproduzem conhecimentos descontextualizados e acríticos para suprir os interesses dos grupos dominantes.

89

Faltam aos professores educadores formação continuada em serviço e uma rede de colaboração entre as instituições do sistema educacional, sobretudo para instaurar processos de refundação, principalmente de ordem conceitual e epistemológica. Essas indispensáveis formações, quando realizadas, seguem sendo feitas apenas nos quesitos dos equipamentos, dos métodos e fundamentados no jargão da eficácia/eficiência e fazem parte dos direcionados projetos gestados nos gabinetes do poder, que, geralmente, são resultados das negociações prévias de destinação de recursos públicos sendo os beneficiários aqueles que ajudam a manter o ciclo vicioso. Raramente se aprofundam os aspectos humanos e as implicações, tanto no plano individual quanto social, do (não) uso da tecnologia, da escolha dos conhecimentos a serem ensinados/aprendidos e da abordagem teórico-metodológica a ser adotada – por questões óbvias e fartamente analisadas ao longo desse trabalho. Ademais, as questões afetas a CTS e, por extensão, a nova equação civilizatória ainda se encontram à margem dos/nos herméticos currículos a favor do lucro e da eficiência traduzida pelo pueril sentimento de se tornar campeão na vida.

Manter o status comportado de uma educação apassivada sempre foi mais prudente, quando não se sabe o que fazer, por que e para que fazê-lo. Mudar atitudes dá muito trabalho. Assim, segue-se a lógica da reprodução dos ditames metricamente elaborados para perpetuação do progresso e da ordem social já estabelecida desde

os primórdios da instituição da propriedade privada e da acumulação de riquezas. Tal rompimento poderá alterar demasiadamente o equilíbrio “natural” das coisas. A base política da educação nacional (e por que não mundial?) jaz adormecida e refém de um sonho utópico de globalização, que mais parece uma aceitação sem vistoria da lógica do capital sem pátria. Treinar para prosseguir. Prosseguir o quê? Para quê? Para quem? Sem pensarmos sobre as variáveis que abastecerão a nova equação civilizatória, nós nos comportaremos como uma engrenagem que mantém a educação de acordo com o poder hegemônico e com as mentes já corrompidas, gerando em passos cada vez menores e numa velocidade descomunal as desigualdades sociais entre povos e nações. Qual será o resultado? Infelizmente, minhas reflexões apontam para um colapso, em nível local e mundial de proporções jamais imagináveis, capaz de extinguir os seres vivos do Planeta Terra.

Diante do exposto, finalizo afirmando que as questões administrativas e econômicas não são apenas o grande problema de gerir uma nação. Podem ser consequências. O entrave fundamental reside na visão do Estado-nação de cuidar do presente e futuro, portanto, de um projeto de formação humana. Porque sedimentado por uma educação crítica, emancipatória e generosa, em que a saúde e a segurança sejam bens inalienáveis, esse Estado haverá de inaugurar uma conjuntura de bem-viver, zelando pela geração de hoje e de amanhã.

Dito de outra maneira: as novas variáveis contemporâneas, que nos acantonam como humanos perante o desenvolvimento tecnológico, serão supridas por uma educação que nomeei metaforicamente, neste ensaio, de “desobediente”. Isso é fundamental e é a gênese para uma refundação dos modos de relação, produção e distribuição de bens entre os homens, as mulheres e as crianças.

Referências bibliográficas

FREIRE, P. (2001): *Educação como prática da liberdade*, São Paulo, Paz e Terra.

FREIRE, P. (2004): *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*, Rio de Janeiro, Paz e Terra.

FREIRE, P. (2000): *Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido*, Rio de Janeiro, Paz e Terra.

FREIRE, P. (1982): *Pedagogia do oprimido*, Rio de Janeiro, Paz e Terra.

FREIRE, P. e ILLICH, I. (1975): *Dialogo: análisis crítico de la “desescolarización” y “concientización” en la coyuntura actual del sistema educativo*, Buenos Aires, Ediciones Busqueda.

GUILLEBAUD, J. C. (2003): *A reinvenção do mundo, um adeus ao século XX*, Rio de Janeiro, Bertrand Brasil.

POSTMAN, N. (1994): *Tecnopólio, a rendição da cultura à tecnologia*, São Paulo, Nobel.

POSTMAN, N. e WEINGARTNER, C. (1971): *Contestação: nova fórmula de ensino*, Rio de Janeiro, Expressão e Cultura.

SNOW, C. P. (1995): *As duas culturas e uma segunda leitura*, São Paulo: EdUSP.

**Cinco Orientações para o Ensino das Ciências:
a Dimensão CTS no Cruzamento da Didática
e de Políticas Educativas Internacionais**

**Cinco orientaciones para la enseñanza de las ciencias:
la dimensión CTS en el cruce entre la didáctica
y las políticas educativas internacionales**

***Five Orientations For The Teaching Of Science:
The STS Dimension In The Crossing Between Didactics
And International Educational Policies***

Alcina Mendes e Isabel P. Martins *

A investigação em educação em ciências tem produzido conhecimento que permite compreender os problemas e fundamentar decisões de ensino das ciências. Algumas organizações internacionais (como UE, OCDE e UNESCO) também têm emitido documentos reguladores de políticas globais de ensino das ciências, assumindo que a qualidade da educação científica é uma condição de prosperidade económica e social dos estados. Neste estudo procedeu-se à revisão sistemática de documentos de natureza académica e de natureza política, relativos ao ensino das ciências, visando identificar quais os seus pontos de convergência. Apurou-se o referencial *Cinco Orientações para o Ensino das Ciências*, que identifica aspetos-chave a priorizar no ensino das ciências e na formação de professores. Verificou-se que as orientações de ensino das ciências de cariz CTS permanecem um campo didático promissor e atual do ponto de vista académico e político.

Palavras-chave: educação em ciências de cariz CTS, orientações para o ensino das ciências, didática das ciências, políticas educativas internacionais

93

* *Alcina Mendes:* Agrupamento de Escolas de Ílhavo, Portugal. Correo electrónico: alcinamendes@gmail.com.
Isabel P. Martins: CIDTFF – Universidade de Aveiro, Portugal. Correo electrónico: imartins@ua.pt.

La investigación en educación en ciencias ha producido conocimientos que nos permiten comprender los problemas y fundamentar las decisiones relacionadas con la enseñanza de las ciencias. Algunas organizaciones internacionales (tales como la UE, la OCDE y la UNESCO) también vienen emitiendo documentos normativos sobre las políticas globales de la enseñanza de las ciencias, en el supuesto de que la calidad de la educación científica es una condición para la prosperidad económica y social de los Estados. En este artículo se procedió a la revisión sistemática de documentos de naturaleza académica y política, relacionados con la enseñanza de las ciencias, con el propósito de identificar sus puntos de convergencia. Se llegó al referencial *Cinco directrices para la enseñanza de las ciencias*, que identifica cuestiones prioritarias en la educación científica y en la formación docente. Se verificó que las directrices para la enseñanza de las ciencias de cariz CTS siguen siendo un campo didáctico promisorio y actual tanto desde el punto de vista académico como del político.

Palabras clave: educación en ciencias de cariz CTS, directrices para la enseñanza de las ciencias, didáctica de las ciencias, políticas educativas internacionales

Research in science education has been producing knowledge that grants the understanding of problems and supports science education decisions. Some international organizations (such as EU, OECD and UNESCO) have also been producing documents to regulate global policies of science teaching, assuming that the scientific education is a requirement for economic and social prosperity. In this paper, the authors perform a systematic review of academic and political documents for science education, aiming to identify their points of convergence. The document Five Guidelines For Science Education was established as a standard to identify priorities for science teaching and teachers education. With this document, STS science education becomes a promising educational field and a topical issue from the academic and political point of view.

Key words: STS approach to science education, guidelines for secondary science teaching, didactics of science, international education policies

Introdução

O conhecimento científico de didática constitui um referencial incontornável para o ensino das ciências, mas reconhece-se que organizações internacionais de cariz governamental e não-governamental, como a UE, a OCDE ou a UNESCO também têm influenciado a regulação da educação em ciências à escala global.

Considerando o último meio século de investigação didática e de ações políticas centradas em questões de ensino secundário das ciências, conclui-se que dispomos um de vasto acervo documental, cuja diversidade se manifesta na natureza e na autoridade dos documentos, na afiliação investigativa e epistemológica dos autores, assim como nos contextos sócio-político-educativos a que se reportam.¹

A compreensão deste quadro global e diverso de referências supõe análise, síntese e comparação dos vários contributos, sem esquecer a evolução e o enquadramento histórico em que emergem os novos paradigmas e as recomendações de mudança.

- Quais os principais contributos da investigação em didática que, ao longo das últimas cinco décadas, orientaram o ensino das ciências?
- Que perspetivas de ensino das ciências têm sido veiculadas por organizações internacionais de reconhecida influência?
- Que congruência existe entre os contributos da investigação em didática das ciências e as recomendações de organizações internacionais?

95

Face a estas interrogações estabelece-se o objetivo investigativo de delimitar um quadro de referência atual, de natureza académica e política, capaz de fundamentar decisões de ensino das ciências e de formação de professores.²

1. Contextualização teórica

1.1. Contributos da investigação em didática das ciências

O conhecimento publicado nos últimos 50 anos de investigação em didática das ciências documenta as transformações ocorridas ao nível da concetualização teórica e ao nível das suas repercussões nas práticas de ensino dos professores.

Para efeitos de revisão bibliográfica delimitaram-se quatro períodos da história da investigação em didática das ciências, colhendo inspiração no trabalho de Cachapuz, Praia e Jorge (2002).

1. Níveis ISCE2 e ISCE3 segundo *International Standard Classification of Education: UNESCO (2011)*. Em Portugal engloba o 3º ciclo do ensino básico (13-15 anos) e o ensino secundário (16-18 anos).

2. O estudo insere-se numa investigação mais extensa, realizada no âmbito de doutoramento (Mendes, 2013).

1.1.1. *Ensinar para promover aprendizagens de ciências por aquisição*

Em meados do século XX predominavam visões empiristas e positivistas de ciência e concepções behavioristas de aprendizagem. Este marco teórico enquadra um ensino transmissivo assente no pressuposto epistemológico de que os alunos podem receber os conhecimentos que lhes são extrínsecos através dos sentidos. Deste modo, os conceitos científicos adquiridos poderiam ser acumulados, e completados, sem necessidade de serem articulados com entidades cognitivas já apreendidas ou já vivenciadas pelos alunos (Vasconcelos, Praia e Almeida, 2003). Num paradigma de ensino por transmissão é ainda plausível que os tópicos programáticos sejam sequenciados segundo uma lógica concetual de cientistas (Aikenhead, 2009) e que os trabalhos práticos sejam desenvolvidos para demonstrar, confirmar ou ilustrar conceitos, leis e teorias que já tenham sido apresentadas por professores.

1.1.2. *Ensinar para promover aprendizagens de ciências pela descoberta*

A partir dos anos 1960 surgiram novas propostas curriculares e didáticas, globalmente designadas *inquiry teaching*, preconizando ruturas com alguns dos pilares estruturantes da visão transmissiva de ensino das ciências. Os alunos passaram a ser vistos como o centro dos processos educativos, cabendo aos professores organizar ambientes de descoberta guiada, para que aprender ciências decorresse em formatos análogos aos da própria descoberta científica (Barrow, 2006) e aplicando o método científico.

96 Porém, na prática, as atividades de aprendizagem por descoberta guiada consistiram na execução de prescrições que evitavam a obtenção de resultados inesperados pelos alunos, sem pressupor problematização de situações reais, ou análise de quaisquer aspetos socioéticos (Cachapuz *et al.*, 2002). Neste sentido, o ensino por descoberta autónoma, indutiva e incidental, contrariou a própria natureza da metodologia científica em que se pretendia inspirar (Gil Pérez, 1983). Este paradigma de ensino, assentando numa epistemologia empirista, permitiu destacar o papel central dos alunos e valorizar os trabalhos práticos, mas limitou-se à dimensão instrucional do ensino das ciências.

1.1.3. *Ensinar para promover aprendizagens de ciências por mudança concetual*

Durante a década de 1980, a valorização de uma nova filosofia da ciência (Abimbola, 1983) e de perspetivas cognitivo-construtivistas de aprendizagem permitiu estabelecer um novo corpo teórico de referência para ao ensino das ciências. Surgiram novas linhas de investigação didática centradas na identificação e na compreensão da origem das concepções alternativas dos alunos (Carrascosa, 2005; Wandersee, Mintzes e Novak, 1994), bem como nos processos e nas estratégias didáticas capazes de promover mudanças concetuais (Treagust e Duit, 2008).

Cachapuz *et al.* (2002) salientam que nesta visão de ensino das ciências os professores dispõem de três recursos essenciais: i) mapas de conceitos para aceder às relações concetuais que alunos estão a desenvolver;³ ii) aspetos da história das

3. Estes instrumentos foram propostos por Novak, Gowin e Johansen em 1983.

ciências para estabelecer paralelismos entre as mudanças conceituais desejadas e os momentos pré-científicos que antecederam a aceitação de algumas explicações científicas; e iii) trabalhos experimentais para testar hipóteses prévias dos alunos, destacando-se a utilização do Vê epistemológico proposto por Gowin, em 1981.

Esta perspetiva de ensino das ciências, tal como a perspetiva transmissiva, detém-se porém focada na aprendizagem de conceitos, sem valorizar dimensões mais contextuais, como os interesses e as necessidades pessoais dos alunos, ou as atitudes e os valores necessários à mobilização crítica dos conceitos estudados (Fensham, 2002).

1.1.4. *Ensinar para promover aprendizagens de ciências por pesquisa*

Ainda nos anos 1980 publicaram-se estudos centrados na qualidade e na relevância das aprendizagens científicas. À luz de novos contributos da história e da filosofia das ciências, esses estudos vieram recomendar que o ensino das ciências devesse proporcionar a compreensão de uma imagem adequada dos processos e dos contextos de produção dos conhecimentos científicos pelos alunos. Gil Pérez defende que as aprendizagens científicas deveriam envolver mudança conceitual, mas também metodológica e atitudinal, sugerindo o “ensino como investigação” (1983).

Na década seguinte desenvolveram-se novas linhas de investigação didática focadas na compreensão da natureza das ciências e nas inter-relações ciência-tecnologia-sociedade (CTS), as quais representavam visões mais externalistas e racionalistas de ensino das ciências (Cachapuz *et al.*, 2002).

97

No início da década de 2000, Cachapuz, Praia e Jorge, no âmbito de um trabalho crítico de revisão e reflexão sobre os avanços no ensino das ciências, propõem “um novo enquadramento que designam por perspetiva de ensino por pesquisa” (2002: 171) ao aluno atribuem um “papel ativo de pesquisa e de reflexão crítica sobre as suas maneiras de pensar, agir e sentir”, considerando o professor um “problematizador de saberes e organizador de processos de partilha, interação e reflexão crítica” (p. 143).

Um ensino das ciências de cariz CTS pretende alcançar metas educativas relevantes a nível pessoal, social e cultural (Acevedo *et al.*, 2005; Meyer e Crawford, 2011). Isto exige que os alunos possam desenvolver aprendizagens socialmente enquadradas, valorizando-se a exploração qualitativa de situações e a problematização e identificação de questões pelos (e com) os alunos (Akçay e Yager, 2010; Marco-Stiefel, 1995; Pro, 2012).

Esta nova perspetiva didática também assume o desenvolvimento de uma cultura de participação democrática dos jovens sobre aspetos tecnocientíficos (Cuevas, 2008; Kolstø, 2001; Millar, 2006). De modo a alcançar esta finalidade, ensinar ciências terá de supor a mobilização de aspetos políticos, económicos e éticos associados à exploração didática de casos tecnocientíficos. Esta visão de ensino das ciências pode permitir que os alunos aprendam conceitos científicos, analisem argumentos contraditórios sobre casos tecnocientíficos e suas repercussões na vida dos cidadãos, bem como aprendam a fundamentar cientificamente opiniões, ou a negociar posições (Acar, Turkmen e Roychoudhury, 2010; Martín-Gordillo, 2005).

1.1.5. Breve síntese dos contributos de didática das ciências

Considerando a extraordinária evolução histórica apresentada, destaca-se a rápida evolução das prioridades da investigação em ensino das ciências a partir dos anos de 1990: do interesse por tópicos relativos a aspetos internos aos alunos, como as conceções alternativas e as condições de mudança conceitual, até tópicos mais centrados na influência da introdução de tópicos contextuais na qualidade das aprendizagens (Cachapuz, Paixão, Lopes e Guerra, 2008; Lee, Wu e Tsai, 2009; Tsai e Wen, 2005).

Capitalizando os contributos analisados, poderá afirmar-se que atualmente a investigação em didática recomenda um ensino das ciências adaptável à imprevisibilidade das necessidades dos alunos e dos problemas tecnocientíficos que os rodeiam. Impõe-se, então, que os professores de ciências, para além de uma sólida formação científica e didática, tenham também posturas interrogativas e reflexivas, conducentes à constante avaliação e eventual (re)definição das suas opções didáticas. Trata-se de uma visão de ensino exigente, a qual designamos “ensino por questionamento orientado para promover aprendizagens por pesquisa” (Mendes, 2013).

- Questionamento dos conteúdos a ensinar, procurando relações não comuns entre conceitos, problemáticas adequadas para intervenções didáticas contextualizadas, ou pontes de articulação com outras disciplinas.
- Questionamento da realidade, com atenção crítica a acontecimentos sociais, políticos e culturais, examinando se possuem potencial para contextualizar aprendizagens conceituais, procedimentais e atitudinais de ciências.
- Questionamento dos alunos, através de uma atenção permanente às suas características individuais, perscrutando os seus interesses e receios, e formulando perguntas que os estimulem e façam pensar (Chin, 2007).

Trata-se, assim, de uma visão de ensino das ciências capaz de proporcionar uma formação científica de cariz humanista. Mais rica do que a simples compreensão de conceitos e de metodologias científicas, pois visa desenvolver atitudes e competências para agir, de forma responsável e cientificamente fundamentada, em situações que envolvam dimensões tecnocientíficas. Trata-se de uma conceitualização abrangente de ensino das ciências, orientada para a educação científica dos jovens, independentemente de desejarem, ou não, prosseguir estudos e carreiras científicas (Aikenhead, 2009).

1.2. Regulação supranacional do ensino das ciências

Nos últimos 50 anos as organizações internacionais criaram redes de comunicação globais, focadas em aspetos económicos políticos, sociais e educacionais. No âmbito deste estudo optou-se por selecionar documentos produzidos, ou comissionados, pelas organizações UE, OCDE e UNESCO, visto serem aquelas que mais têm

influenciado as decisões políticas de ensino das ciências de nível secundário à escala global.⁴

1.2.1. O espaço europeu como elemento regulador do ensino das ciências

O interesse da UE na promoção da educação científica dos jovens está patente em várias iniciativas de carácter regulamentar. Poder-se-á considerar que a *Estratégia de Lisboa* (European Council, 2000) foi um marco que conduziu à definição das primeiras políticas de intervenção educativa no espaço europeu. A análise de documentos que traduzem as decisões subsequentes, do Conselho Europeu e da Comissão Europeia, permite destacar algumas decisões importantes. Por exemplo: i) foram definidos *Objetivos, critérios e parâmetros de referência europeus na área da educação* (European Commission, 2002); ii) foi aprovado o *Quadro de referência de competências essenciais para a aprendizagem ao longo da vida* (European Commission, 2007), definindo que as aprendizagens científicas e tecnológicas devem preparar os cidadãos para compreenderem as potencialidades, os riscos e as limitações das ciências e das tecnologias, sobretudo em contextos de tomada de decisão que envolvem valores, questões morais, ou outros aspetos culturais; e iii) foi aprovada a *Agenda para a Cooperação Europeia em Matéria Escolar* (European Commission, 2008), a qual identifica os desafios que os sistemas escolares devem resolver, nomeadamente, de formação dos professores, de qualidade de ensino e de motivação dos alunos.

No acervo de documentos da UE analisado existem vários relatórios de estudos sobre o ensino das ciências no espaço europeu, identificando indicadores e recomendações. Por exemplo: *Ensino das ciências nas escolas da Europa: políticas e investigação* e *O ensino das ciências na Europa: políticas nacionais, práticas e investigação* (Eurydice, 2006 e 2011). Ambos recomendam mais investimento no ensino das ciências de nível não superior, mobilizando referências de didática das ciências para apelar à contextualização das práticas de ensino, nomeadamente explorando episódios de história das ciências e problemas sociais contemporâneas, ou realizando trabalhos práticos e experimentais.

Num outro relatório importante para a regulação das políticas de ensino das ciências na UE, *Science Education Now: a renewed pedagogy for the future of Europe* (Rocard *et al.*, 2007), conclui-se que o desinteresse dos jovens pelos estudos científicos decorre das práticas dos professores de ciências; fundamenta-se esta convicção em estudos como *Europeans, Science and Technology, Europe needs more scientists* (European Commission, 2001, 2004 e 2005); inferindo-se que a falta de preparação dos professores explicará porque persiste na UE um ensino das ciências que valoriza mais a memorização do que a compreensão, ignorando que existem abordagens de ensino mais promissoras, nomeadamente as que envolvem o questionamento e a investigação.

4. Optou-se por utilizar as siglas mais usuais: UE e OCDE para União Europeia e Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Económico, respetivamente; UNESCO para *United Nation Educational, Scientific and Cultural Organization*.

1.2.2. Contributos da OCDE para a regulação do ensino das ciências

O interesse desta organização supragovernamental pela educação nasce associado a objetivos exclusivamente económicos. Porém, atualmente, a educação é uma área individualizada de interesse da OCDE, pelo que promove e apoia estudos e conferências internacionais sobre aspetos de agenda global, visando reformas educativas de diferentes países (Estrela e Teodoro, 2008).

Citando estudos relativos ao ensino das ciências focados em definir indicadores e propor recomendações, referem-se exemplos centrados em apurar: i) índices de literacia dos jovens de 15 anos sobre matemática, ciências e leitura (por exemplo, OCDE, 2007);⁵ e ii) grau de interesse dos jovens em ciências e tecnologias, cujo relatório (OCDE, 2006) muito influenciou decisões (ou apenas discursos) políticos europeus sobre educação.

A OCDE tem essencialmente promovido a realização de estudos sobre educação em geral, nos quais a análise documental encontrou, porém, aspetos pontuais relativos ao ensino das ciências. Destacam-se, como exemplos, os relatórios seguintes: i) *Education at a Glance: OECD Indicators*;⁶ e ii) *Creating effective teaching and learning environments. First results from TALIS* (OCDE, 2009) e *Review on Evaluation and Assessment Frameworks Portugal 2012* (Santiago, Donaldson, Looney e Nusche, 2012), estes últimos focados na realidade educativa nacional e no trabalho de professores portugueses.

1.2.3. Alguns contributos da UNESCO para o ensino das ciências

A UNESCO tem influenciado bastante a educação a nível mundial através de várias iniciativas, como aconselhamento técnico, edição de documentos, patrocínio de conferências, ou ainda ações de cooperação internacional para a educação.

Realça-se a publicação regular de relatórios globais e sectoriais sobre educação e de estudos internacionais sobre problemas e prioridades educativas, geralmente conduzidos por peritos de reconhecido mérito.⁷ São exemplos históricos os relatórios *A Crise Mundial da Educação -uma análise sistémica* (Coombes, 1968), *Aprender a Ser* (Faure et al., 1972), ou ainda *Educação: Um Tesouro a descobrir* (Delors, 1996).

Referindo iniciativas da UNESCO mais focadas em questões de educação científica, pode citar-se o patrocínio de conferências, como por exemplo, em 1999, *Ciência para o Século XXI: Um Novo Compromisso*, da qual emergiu a recomendação de tornar o ensino científico e tecnológico um bem acessível a todos os povos.

5. *Programme for International Student Assessment*. Disponível em: <http://www.pisa.oecd.org>.

6. Publicação anual, desde 2004, com informação estatística relevante e atualizada sobre aspetos de educação à escala mundial.

7. Por exemplo: *Relatórios Globais sobre Educação* 1991, 1993, 1995, 1998, 2000 e 2010; *Relatórios sobre a Diversidade Cultural no Mundo* 1998, 2000 e 2009; *Relatórios Globais sobre Ciência*, 1993, 1996, 1998, 2005 e 2010; ou *Relatório Global sobre Aprendizagem e Educação de Adultos*, 2009.

No âmbito da iniciativa das Décadas, destacam-se as décadas da *Educação para o Desenvolvimento Sustentável* (2005-2014), *Internacional da Água para a Vida* (2005-2015) ou sobre a *Biodiversidade* (2011-2020).⁸ A escolha deste tipo de problemáticas encoraja a realização de ações de alfabetização científica de jovens e demais cidadãos, preparando-os para compreender problemas e soluções científico-tecnológicas já existentes.

A UNESCO tem tradição de publicar obras orientadoras de práticas de ensino das ciências: por exemplo, em 1956 editou *UNESCO Source Book for Science Teaching* obra de referência para professores em todo o mundo (teve 24 edições e tradução em 30 línguas); ou a publicação *Connect – International Science, Technology & Environmental Education Newsletter*, que discute como a educação científico-tecnológica é importante para a formação dos cidadãos e por que há necessidade de renovar a natureza das práticas dos professores de ciências (UNESCO, 2006a).

Por último, ainda um breve destaque para a produção de documentos orientadores de políticas de educação científica. Apresentam-se dois exemplos comissionados a peritos académicos de didática das ciências: *Guidelines for policy-making in secondary school science and technology education* (Jenkins, 2003) e *Science Education Policy-making: eleven emerging issues* (Fensham, 2008). Estes documentos desafiam os decisores políticos a promoverem a qualidade da educação científica, renovando os currículos e as prioridades de formação dos professores de ciências face às recomendações da investigação educacional.

1.2.4. Breve síntese de contributos sobre regulação supranacional do ensino das ciências

Em vários documentos das três organizações supragovernamentais consideradas existem recomendações de renovação do ensino das ciências, visando substituir um ensino transmissivo, por um ensino mais centrado no aluno e na relevância que as aprendizagens das ciências podem ter para a sua qualidade de vida. Nesse sentido desafiam-se os professores a proporcionarem experiências de aprendizagem relevantes e diversificadas aos alunos (Fensham, 2008; Jenkins, 2003): organizando atividades orientadas por problemas e questões abertas que exijam raciocínio, diálogo, discussão de pontos de vista e trabalho colaborativo (Eurydice, 2006 e 2011; Rocard *et al.*, 2007); e renovando as práticas de avaliação das aprendizagens, rentabilizando mais as suas funções diagnóstica e formativa (*European Commission*, 2004; Fensham, 2008; Jenkins, 2003; Santiago *et al.*, 2012).

Globalmente os desafios lançados pelas organizações internacionais apelam à contextualização do ensino das ciências, considerando que esta orientação pode evitar aprendizagens dissociadas das experiências da vida dos alunos, das questões da sociedade contemporânea, ou da consciencialização dos aspetos que enformaram a génese dos conhecimentos científicos (*European Commission*, 2004; Eurydice, 2006 e 2011). Em súpula, as organizações internacionais recomendam que o ensino

8. Calendarização em: <http://www.un.org/en/sections/observances/international-decades/>.

das ciências explore as interações recíprocas que se estabelecem entre a ciência, a tecnologia e a sociedade (Fensham, 2008; Gauthier, 2006; Jenkins, 2003; OCDE, 2006; UNESCO, 2006a).

Os documentos analisados também defendem que algumas competências científicas e tecnológicas só podem ser construídas se os alunos desenvolverem atividades práticas em ambientes e formatos diversificados, por exemplo, trabalhos laboratoriais, consulta de documentação científica, discussão e argumentação ou comunicação em formato oral e escrito. Neste sentido, recomendam que algumas atividades de aprendizagem possam assumir um formato de projeto ou de percurso investigativo, possam envolver tecnologias da informação e possam ocorrer em espaços exteriores à sala aula (*European Commission*, 2007; Eurydice, 2006 e 2008; Fensham, 2008; Jenkins, 2003; Rocard *et al.*, 2007).

Globalmente, os documentos da UE, OCDE e UNESCO mais recentes condenam práticas de ensino das ciências limitadas a aspetos factuais. Consideram que estas práticas distorcem a compreensão dos alunos sobre a verdadeira natureza das ciências e do conhecimento científico, apelando à realização de atividades de ensino que explorem aspetos processuais e culturais das ciências, de produção e de validação de conhecimentos, bem como de reflexão ética sobre os seus diversos impactes (*European Commission*, 2004; Fensham, 2008; Gauthier, 2006). Neste sentido a UE estabelece que as aprendizagens de ciências devem proporcionar o entendimento das características da pesquisa científica, das repercussões do progresso científico nas questões de natureza ética e moral associadas a contextos de tomada de decisão que envolvem saberes científicos e tecnológicos (*European Council*, 2006).

102

Por último, salienta-se que a articulação dos currículos das disciplinas de ciências e das práticas dos professores que as lecionam são também aspetos muito valorizado pelas organizações internacionais. Estas dimensões estão explícitas em documentos que se referem a aspetos de organização curricular, de programas de formação de professores, ou de organização dos seus tempos de trabalho colaborativo (*European Commission*, 2008; OCDE, 2009; UNESCO, 2006b).

2. Metodologia

Considerando as questões e o objetivo investigativo acima enunciado, o estudo teve por base processos de revisão documental e posterior concetualização. A revisão teórica incidiu sobre diferentes acervos documentais, relacionadas com o ensino das ciências, particularmente de nível secundário, num total de 153 referências:⁹ i) literatura produzida pela investigação em didática das ciências; ii) documentos de

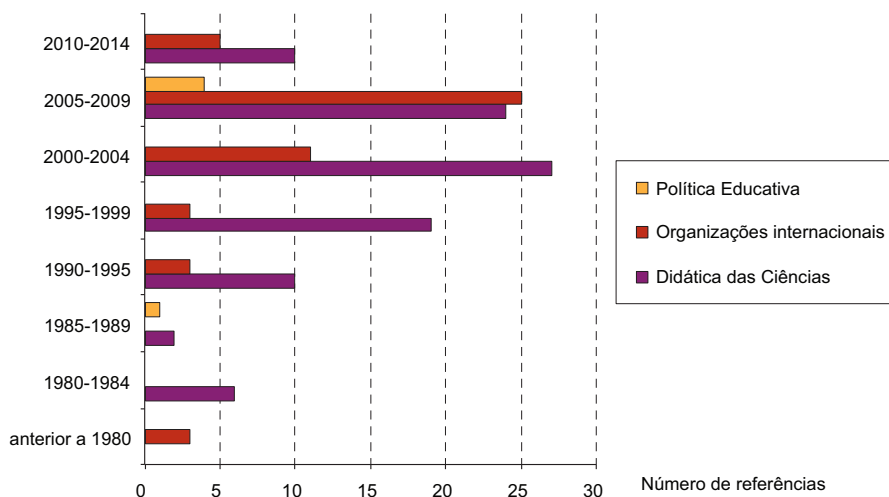
9. Por questões de limitação de espaço seria impossível apresentar todas as referências, pelo que se ajustou o texto de modo a incluir um conjunto que pudesse ser considerado representativo da diversidade de documentos que foram analisados.

organizações internacionais (UE, OCDE e UNESCO) que influenciam políticas de ensino das ciências; e iii) literatura relacionada com investigação em políticas educativas.

A análise de documentos académicos provenientes da investigação em didática das ciências mobilizou 70 artigos de revistas, 16 livros, 9 capítulos de livros, 1 tese de doutoramento e 2 comunicações apresentadas em encontros científicos, totalizando 98 referências. O acervo de natureza supragovernamental envolveu a análise de 24 documentos da UE (nomeadamente, Conselho Europeu, Comissão Europeia e Eurydice), 19 documentos publicados pela UNESCO, 6 pela OCDE e 1 pelo Banco Mundial, totalizando 50 referências. Foram também analisados 5 textos académicos sobre políticas educativas (Carter, 2005 e 2008; Coombs, 1968; Estrela e Teodoro, 2008).

Pretendendo-se construir uma visão abrangente dos contributos fornecidos pelos referenciais escolhidos, nos processos de seleção valorizou-se a atualidade dos documentos, mas também a possibilidade destes proporcionarem compreensão de evolução e de enquadramento histórico das ideias mais recentes. Por esse motivo o acervo documental abrange um intervalo de tempo de publicação alargado (1957 a 2013), cuja dispersão temporal pode ser apreciada através dos dados apresentados no **Gráfico 1**, destacando-se o predomínio dos textos publicados no século XXI (69,3%).

Gráfico 1. Caracterização do acervo documental por quinquénios de publicação



Considerando que a revisão de literatura marcou o desenvolvimento do estudo, importa clarificar os aspetos que foram utilizados para assegurar requisitos de focagem e de pertinência das fontes de informação (Boote e Beile, 2005; Fitt, 2011; Levy e Ellis, 2006). Saliencia-se a identificação prévia dos objetivos da pesquisa de referências e a identificação de critérios de seleção de fontes de informação.

Prevendo a dificuldade de lidar com um acervo diverso de documentos, nomeadamente quanto à sua forma e autoridade, exigiam-se critérios suficientemente flexíveis para que pudessem ser aplicados a todos os tipos de documentos (mais académicos, ou mais políticos). Adaptando algumas sugestões referidas na literatura (por exemplo: Brown, 2006; Bryman, 2008), ponderou-se a adequação das possíveis fontes documentais, verificando a clareza das suas finalidades, o seu âmbito e autoridade, bem como a natureza dos seus destinatários e o seu formato. Ou seja, mais especificamente: i) se a intencionalidade do texto era clara e coerente com o teor especializado do discurso; ii) se existiam redes explícitas de articulação concetual com outros estudos ou documentos; iii) se o aprofundamento dos tópicos e o momento histórico a que se reportavam eram relevantes para os objetivos específicos da revisão; e iv) se os textos provinham de literatura especializada, autores ou editores credíveis, preferencialmente publicações que envolvem processos de revisão por pares, ou, no caso de documentos de cariz político, a intervenção de órgãos de soberania (em processos de ratificação, delegação de responsabilidade em individualidades, ou grupos de trabalho).

104

Esta rede seletiva de condições determinou a exclusão de várias fontes, nomeadamente quando se verificava alguma das seguintes condições: i) autor e/ou afiliação impossíveis de identificar; ii) posicionamentos não situados face a uma rede de referências, ou apenas decorrentes de citações secundárias; e iii) publicação exclusiva em páginas pessoais de internet.

A pesquisa de referências foi feita de diferentes formas, nomeadamente: por palavras-chave, por autores, por base de dados, seguindo as referências citadas nos documentos analisados e tentando alcançar a saturação das fontes, isto é, até não serem encontradas novos autores, novas referências, ou novas ideias. Deste modo a revisão de literatura foi sempre considerada inacabada e vista como um sistema orgânico que cresce e se transforma à medida que o estudo se desenvolve (Levy e Ellis, 2006: 208).

3. Resultados

A interpretação dos resultados da revisão de literatura académica e dos documentos produzidos por organizações supranacionais -UE, OCDE e UNESCO- permitiu verificar que, globalmente, não existem contradições concetuais relativas a orientações para o ensino das ciências de nível secundário.

Sem ignorar a possibilidade destes campos não poderem ser considerados totalmente independentes (visto a investigação depender das prioridades de financiamento definidas pelas comunidades internacionais), constatou-se que

existem influências mútuas ao nível dos seus interesses e iniciativas de produção documental. Verificou-se que a comunidade de investigação em didática das ciências se mostra muito atenta às implicações educativas da agenda global e, frequentemente, formula questões de investigação considerando deliberações ou resultados de estudos desenvolvidos por estas organizações internacionais.

Também se apurou que as organizações internacionais valorizam os resultados da investigação em ensino das ciências. Por exemplo, delegando em investigadores de reconhecido mérito a redação de documentos estruturantes de políticas de ensino das ciências, como se verificou no caso da UNESCO com Edgar Jenkins (2003) e Peter Fensham (2008); ou mobilizando referências da investigação em didática das ciências para fundamentar os seus estudos, como acontece nos relatórios Eurydice (por exemplo: 2006 e 2011), ou nos estudos PISA (por exemplo: OCDE, 2007), respetivamente financiados pela UE e pela OCDE.

Com base na análise e síntese dos contributos que foram recolhidas na literatura da investigação em didática das ciências e nos documentos do campo das políticas globais de ensino das ciências, foi construído um referencial simples e consensual, formado por cinco orientações chave para o ensino das ciências.

O referencial *-Cinco orientações para o ensino das ciências* (Mendes, 2013)- visa promover a educação científica dos alunos. Defende uma perspetiva epistemológica de “ensino por questionamento, orientado para promover aprendizagens por pesquisa”, e identifica as componentes de didática que se afiguram necessárias e consensuais para orientar currículos e práticas de ensino das ciências de nível secundário -“centralidade dos alunos, contextualização do ensino, realização de trabalhos práticos, compreensão da natureza da ciência e articulação de disciplinas”- conforme seguidamente se apresenta de forma bastante breve.

105

3.1. Cinco orientações para o ensino das ciências

3.1.1. Centralidade dos alunos

A perspetiva de ensino por questionamento assenta numa conceção construtivista de aprendizagem. Convicta da necessidade de considerar as características dos alunos o elemento central dos processos de decisão didática, parte do pressuposto que estes aprendem melhor ciências se assumirem uma postura de pesquisa. Neste sentido os professores têm o estatuto de especialistas capazes de conceber e organizar ambientes de aprendizagem que captem o interesse dos alunos, envolvendo-os cognitivamente e afetivamente na pesquisa de respostas e na construção de conhecimentos científicos que lhes permitam pensar e agir de forma mais informada e autónoma.

3.1.2. Contextualização do ensino

Um ensino das ciências de natureza construtivista e por questionamento supõe abordagens de ensino contextualizadas. Pretende-se promover aprendizagens significativas e integradas de conceitos e de processos científicos, mas também, de valores e de atitudes cientificamente informadas. O estudo de situações abertas que envolvam os alunos na exploração de inter-relações CTS são estratégias didáticas adequadas para este propósito. A mobilização e a problematização de situações reais

e atuais nas aulas de ciências, criteriosamente selecionadas face aos interesses dos alunos e face aos conteúdos programáticos a lecionar, permite que os alunos se envolvam cognitivamente e afetivamente em percursos de pesquisa de informação devidamente orientados por questões. Deste modo os alunos necessitarão de aprender conceitos, entendendo que estes são instrumentos importantes e indispensáveis para poderem pensar, compreender e agir.

3.1.3. Realização de trabalhos práticos

Práticas de ensino das ciências de cariz questionante e consentâneas com perspetivas construtivistas de aprendizagem valorizam a realização de atividades práticas de natureza diversa e com diferentes graus de abertura. A realização de trabalhos laboratoriais, experimentais e em ambientes exteriores à sala de aula, assim como a pesquisa de informação, a análise e apresentação de pontos de vista fundamentados, bem como a redação de documentos, são exemplos de atividades práticas que permitem desenvolver aprendizagens científicas concetuais, procedimentais e atitudinais diversificadas. Os trabalhos práticos de cariz investigativo permitem compreender melhor o papel dos problemas e das hipóteses, a interdependência da teoria e da experimentação, bem como do estatuto falível dos resultados e dos mecanismos indispensáveis à sua validação.

3.1.4. Compreensão da natureza das ciências

Um ensino das ciências por questionamento supõe uma intencionalidade de promoção da educação científica dos alunos. Exige que o professor conceba intervenções de ensino orientadas para desenvolver imagens adequadas de ciência e de trabalho científico, equilibrando a ênfase atribuída aos conceitos e aos processos de construção desse conhecimento científico. Neste sentido considera-se essencial que os alunos desenvolvam atitudes positivas face às ciências e às tecnologias, compreendendo que estas são acessíveis e importantes para a vida de todos os cidadãos, sendo construções humanas que também traduzem valores e interesses.

3.1.5. Articulação de disciplinas

Quando se defende um ensino das ciências por questionamento, prático e contextualizado, valoriza-se a exploração e problematização de situações que sejam relevantes para os alunos e evitem visões fragmentadas da realidade e do trabalho científico. Esta perspetiva de ensino envolve abordagens de ensino com cariz multidisciplinar, visto a efetiva exploração e compreensão de problemáticas reais exigir a exploração e interconexão de conceitos de diferentes áreas do saber.

Conclusões

Globalmente concluiu-se que os documentos académicos e os documentos de cariz supragovernamental reiteram a importância dos sistemas educativos deverem proporcionar uma efetiva aprendizagem de conceitos científicos considerados estruturantes, mas também apontam a necessidade de concretizar um ensino das ciências que promova a literacia científica, cumprindo o propósito de formar cientificamente os cidadãos.

Verificou-se que o acervo documental analisado apoia a convicção de que ensinar ciências numa perspectiva de educação científica será a forma de preparar os alunos para compreenderem as questões da atualidade, bem como torná-los capazes de participar em processos de tomada de decisão. Em documentos da UNESCO reconhecem-se estas finalidades de ensino das ciências como vias de educação para a paz, para o desenvolvimento sustentável e para a construção de uma cultura de democracia (Fensham, 2008; Jenkins, 2003; UNESCO, 1993 e 2006a).

Um ensino das ciências questionante, e orientado para a promoção da literacia científica dos alunos, subentende abordagens didáticas contextualizadas. Supõe que os alunos conheçam a intencionalidade das pesquisas que realizam e compreendam o valor intrínseco dos conceitos científicos, enquanto instrumentos de compreensão da realidade. Exige práticas de ensino que promovam a realização de atividades práticas, abertas e diversificadas, que possibilitem aprendizagens concetuais, processuais e atitudinais de forma integrada, assim como a construção de imagens adequadas das ciências e dos trabalhos científicos.

Um ensino das ciências centrado nos alunos e contextualizado em problemas reais desafia a mobilização de aspetos que se situam para além do âmbito restrito de uma disciplina científica, exigindo que os professores de diferentes áreas disciplinares articulem as suas práticas de ensino e, certamente também, confrontem as suas conceções didáticas e epistemológicas.

Considera-se que o referencial *Cinco Orientações para o Ensino das Ciências* (Mendes, 2013) se afigura um instrumento concetual capaz ajudar os professores e os decisores políticos a compreenderem como o elevado acervo de informação que atualmente existe disponível possui fortes pontos de convergência e, como tal, se afigura essencial para orientar decisões que envolvem; i) escolhas de estratégias de ensino; ii) prioridades de formação de professores ou ainda; e iii) definição de linhas orientadoras de currículos formais das ciências de ensino secundário.

Espera-se que a matriz académica e política subjacente ao referencial *Cinco Orientações para o Ensino das Ciências* possa constituir-se como um enquadramento teórico, básico, estruturante e consensual, acerca da perspetivas epistemológica e dos aspetos didáticos que são atualmente indispensáveis ao desafio da promoção da educação científica dos alunos de ensino secundário, reforçando a pertinência e atualidade do movimento de educação CTS no ensino das ciências.

Referências bibliográficas

ABIMBOLA, I. (1983): “The relevance of the “new” philosophy of science for the science curriculum”, *School Science and Mathematics*, vol. 83, n° 3, pp. 181-193.

ACAR, O., TURKMEN, L. e ROYCHOUDHURY, A. (2010): “Student Difficulties in Socio-scientific Argumentation and Decision-making Research Findings: Crossing the borders of two research lines”, *International Journal of Science Education*, vol. 32, n° 9, pp. 1191-1206. DOI: 10.1080/09500690902991805.

ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, Á., MARTÍN, M., OLIVA, J. M., ACEVEDO, P., PAIXÃO, M. F. e MANASSERO, M. A. (2005): “Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica”, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 2, n° 2, pp. 121-140.

AIKENHEAD, G. (2009): *Educação Científica para todos* (T. Oliveira, Trans.), Serra da Amoreira, Edições Pedagogo.

AKCAY, H. e YAGER, R. (2010): “The Impact of a Science/Technology/Society Teaching Approach on Student Learning in Five Domains”, *Journal of Science Education and Technology*, vol. 19, n° 6, pp. 602-611. DOI: 10.1007/s10956-010-9226-7.

108 BARROW, L. H. (2006): “A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards”, *Journal of Science Teacher Education*, vol. 17, n° 3, pp. 265-278. DOI: 10.1007/s10972-006-9008-5.

BOOTE, D. e BEILE, P. (2005): “Scholars Before Researchers: on the centrality of the dissertation literature review in research preparation”, *Educational Researcher*, vol. 34, n° 6, pp. 3-15. DOI: 10.3102/0013189X034006003.

BROWN, R. B. (2006): *Doing your dissertation in business and management: the reality of researching and writing*, Londres, SAGE Publications.

BRYMAN, A. (2008): *Social Research Methods* (3ª ed.), Oxford, University Press.

CACHAPUZ, A., PAIXÃO, M. F., LOPES, J. B. e GUERRA, C. (2008): “Do Estado da Arte da Pesquisa em Educação em Ciências: Linhas de Pesquisa e o Caso “Ciência-Tecnologia-Sociedade””, *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, vol. 1, n° 1, pp. 27-49.

CACHAPUZ, A., PRAIA, J. e JORGE, M. (2002): *Ciência, Educação em Ciência e Ensino das Ciências*, Lisboa, Ministério da Educação.

CARRASCOSA, J. (2005): “El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen”, *Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 2, n° 2, pp. 183-208.

CARTER, L. (2005): "Globalisation and Science Education: Rethinking Science Education Reforms", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 42, n° 5, pp. 561-580. DOI: 10.1002/tea.20066.

CARTER, L. (2008): "Globalization and Science Education: The Implications of Science in the New Economy", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 45, n° 5, pp. 617-633. DOI: 10.1002/tea.20189.

CHIN, C. (2007): "Teacher questioning in science classrooms: approaches that stimulate productive thinking", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 44, n° 6, 815-843. DOI: 10.1002/tea.20171.

COOMBS, P. H. (1968): *La crise mondiale de l'éducation. Une analyse de systèmes*, Paris, PUF.

CUEVAS, A. (2008): "Conocimiento científico, ciudadanía y democracia", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, vol. 10, n° 4.

DELORS, J. (1996): *Educação: um tesouro a descobrir - Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI*, Porto, Edições ASA.

ESTRELA, E. e TEODORO, A. (2008): "As Políticas Curriculares em Portugal (1995-2007). Agendas Globais e Reconfigurações Regionais e Nacionais", *Espaço do Currículo*, vol. 1(Março-Setembro), pp. 130-165.

109

EUROPEAN COMMISSION (2001): *Eurobarometer 55.2 - Europeans, Science and Technology* (Directorate General Research, Trans.), Bruselas, European Union.

EUROPEAN COMMISSION (2002): *Education and training in Europe: diverse systems, shared goals for 2010*, Luxemburgo, Office for Official Publications of the European Communities.

EUROPEAN COMMISSION (2004): *Europe needs more scientists*, Luxemburgo, Office for Official Publications of the European Communities.

EUROPEAN COMMISSION (2005): *Special Eurobarometer 224 - Europeans, Science & Technology* (Directorate General Research, Trans.), Bruselas, European Union.

EUROPEAN COMMISSION (2007): *Key Competences for Lifelong Learning – A European Framework*. Em: http://ec.europa.eu/dgs/education_culture/publ/pdf/ll-learning/keycomp_pt.pdf.

EUROPEAN COMMISSION (2008): *Improving competences for the 21st Century: An agenda for European Cooperation on schools*, Bruselas, European Union.

EUROPEAN COUNCIL (2000): *Presidency conclusions*. Lisbon European Council.

EUROPEAN COUNCIL (2006): "Recommendation of the European Parliament and of the Council", *Key competences for lifelong learning*: Official Journal 962/EC.

EURYDICE (2006): *O Ensino das Ciências nas Escolas da Europa: políticas e investigação* (Unidade Portuguesa Eurydice, Trans.), Lisboa, Gabinete de Informação e Avaliação do Sistema Educativo, Ministério da Educação.

EURYDICE (2008): *Níveis de Autonomia e Responsabilidades dos Professores na Europa* (Unidade Portuguesa Eurydice, Trans.), Lisboa, Gabinete de Estatística e Planeamento da Educação, Ministério da Educação.

EURYDICE (2011): *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*, Bruxelas, Education, Audiovisual and Culture Executive Agency.

FAURE, E., HERRERA, F., KADDOURA, A.-R., LOPES, H., PETROVSKY, A., RAHNEMA, M. e WARD, F. C. (1972): *Learning to be - The world of education today and tomorrow*, París, UNESCO.

FENSHAM, P. (2002): "Science Content as Problematic - Issues for Research", em H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräber, M. Komorek, A. Kross e P. Reiska (eds.): *Research in Science Education – Past, Present, and Future, Netherlands, Springer Netherlands*, pp. 27-41.

FENSHAM, P. (2008): *Science Education Policy-making - Eleven emerging issues*, París, UNESCO.

FITT, M. H. (2011): *An Investigation of the Doctoral Dissertation Literature Review: From the Materials We Use to Prepare Students, to the Materials That Students Prepare*, All Graduate Theses and Dissertations, Utah State University, Logan. Em: <http://digitalcommons.usu.edu/etd/1101>

GAUTHIER, R.-F. (2006): *The Content of Secondary Education Around the World: Present Position and Strategic Choices*. Paris: UNESCO.

GIL PÉREZ, D. (1983): Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 1, n° 1, pp. 26-33.

JENKINS, E. (2003): *Guidelines for policy-making in secondary school science and technology education*, París, UNESCO, Division of Secondary, Technical and Vocational Education, Section for Science and Technology Education.

KOLSTØ, S. (2001): "Scientific Literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial issues", *Science Education*, vol. 85, n° 3, pp. 291-310. DOI: 10.1002/sce.1011.

LEE, M.-H., WU, Y.-T. e TSAI, C.-C. (2009): "Research Trends in Science Education from 2003 to 2007: A content analysis of publications in selected journals",

International Journal of Science Education, vol. 31, n° 15, pp. 1999-2020. DOI: 10.1080/09500690802314876.

LEVY, Y. e ELLIS, T. J. (2006): "A Systems Approach to Conduct an Effective Literature Review in Support of Information Systems Research" *Informing Science: the International Journal of an Emerging Transdiscipline*. Em: <http://inform.nu/Articles/Vol9/V9p181-212Levy99.pdf>.

MARCO-STIEFEL, B. (1995): "La naturaleza de la Ciencia en los enfoques CTS", *Alambique- Didáctica de las Ciencias Experimentales*, vol. 3, pp. 19-29.

MARTÍN-GORDILLO, M. (2005): "Cultura científica y participación ciudadana: materiales para la educación CTS", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, vol. 6, n° 2, pp. 123-135.

MENDES, A. (2013): Perfil de ensino do professor de ciências: concetualização e validação, Tese de doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro. Em: <http://ria.ua.pt/handle/10773/11486>.

MEYER, X. e CRAWFORD, B. A. (2011): "Teaching science as a cultural way of knowing: merging authentic inquiry, nature of science, and multicultural strategies", *Cultural Studies of Science Education*, vol. 6, n° 3, pp. 527-547. DOI: 10.1007/s11422-011-9318-6.

MILLAR, R. (2006): "Twenty First Century Science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science", *International Journal of Science Education*, vol. 28, n° 13, pp. 1499-1521. DOI: 10.1080/09500690600718344.

OCDE (2006): *Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies - Policy Report*. Em: <http://www.oecd.org/dataoecd/16/30/36645825.pdf>.

OCDE (2007): PISA 2006: *Science competencies for tomorrow's world* (Vol. I: Analysis), París.

OCDE (2009): *Creating effective teaching and learning environments. First results from TALIS*. Em: <http://www.oecd.org/edu/preschoolandschool/43023606.pdf>.

PRO, A. (2012): "Las implicaciones sociales del conocimiento científico y tecnológico forman parte de éste y, por lo tanto, de su enseñanza", em E. Pedrinaci, A. Caamaño, P. Cañal y A. Pro (eds.): *11 Ideas Clave - El desarrollo de da competencia científica*, Barcelona, Graó, pp. 171-196.

ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSSON, H. e HEMMO, V. (2007): *Science Education Now: A renewed pedagogy for the future of Europe*, Bruselas, European Commission.

SANTIAGO, P., DONALDSON, G., LOONEY, A. e NUSCHE, D. (2012): *OECD Reviews of Evaluation and Assessment in Education: Portugal 2012*.

TREAGUST, D. F. e DUIT, R. (2008): "Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education", *Cultural Studies of Science Education*, vol. 3, n° 2, pp. 297-328. DOI: DOI 10.1007/s11422-008-9090-4.

TSAI, C.-C. e WEN, L. M. (2005): "Research and trends in science education from 1998 to 2002: a content analysis of publication in selected journals", *International Journal of Science Education*, vol. 27, n° 1, pp. 3-14. DOI: 10.1080/0950069042000243727.

UNESCO (1993): *Final report: International Forum on Scientific and Technological literacy for All*, Paris.

UNESCO (2006a): "Science, Citizenship and Values - keystone to a realistic, pragmatic approach to science education: A Historical Perspective", *Connect - UNESCO International Science, technology & Environmental Education Newsletter*, vol. 31, n° 3-4.

UNESCO (2006b): "UNESCO's role, vision and challenges for the UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014)", *Connect - UNESCO International Science, technology & Environmental Education Newsletter*, vol. 31, n° 1-2.

112

VASCONCELOS, C., PRAIA, J. e ALMEIDA, L. (2003): "Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem", *Psicologia Escolar e Educacional*, 7(1), pp. 11-19.

WANDERSEE, J., MINTZES, J. e NOVAK, J. (1994): "Research on alternative conceptions in science", em D. Gabel (ed.): *Handbook of research on science teaching and learning*, Nueva York, MacMillan, pp. 177-210.

**La ciencia, el futuro y las aulas:
algunas propuestas didácticas sobre prospectiva**

**A Ciência, o Futuro e as Salas de Aula:
Algumas Propostas Didáticas sobre Prospectiva**

***Science, Future And Classrooms:
Some Didactic Proposals On Prospective Studies***

Mariano Martín Gordillo *

La educación es muy importante para el futuro. Pero el futuro también es muy importante para la educación. El futuro como tema, como escenario en el que aprender a analizar y a valorar las diferencias entre lo posible y lo deseable. La prospectiva es, por tanto, un campo tan relevante para ciencia como para una educación comprometida con la cultura científica. Entre los centenares de materiales didácticos del proyecto *Contenedores*, algunos se centran en escenarios futuros y plantean diversas formas de abordar en ellos las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad. En este artículo se presentan diez de esas propuestas prácticas para tener muy presente en el aula la importancia del futuro.

Palabras clave: educación CTS, cultura científica, didáctica, futuro, prospectiva

113

* Profesor en el Instituto de Enseñanza Secundaria N° 5 de Avilés, España, y coordinador del área de educación de la Cátedra Ibérica CTS+I. Correo electrónico: marianomartin26@gmail.com.

A educação é muito importante para o futuro. Mas o futuro também é muito importante para a educação. O futuro como tema, como cenário no qual aprender a analisar e valorizar as diferenças entre o possível e o desejável. A prospectiva é, portanto, uma área tão relevante para a ciência quanto para uma educação comprometida com a cultura científica. Entre as centenas de materiais didáticos do projeto *Contenedores*, alguns focam os cenários futuros e propõem diversas formas de abordar neles as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Neste artigo são apresentadas dez dessas propostas práticas para ter muito presente na sala de aula a importância do futuro.

Palavras-chave: educação CTS, cultura científica, didática, futuro, prospectiva

Education is very important for the future, but the future is also very important for education: the future as a subject, as a context where to learn to analyze and appreciate the differences between the ideal and the possible. Prospective studies are, therefore, a field that is as relevant for science as it is for an education that is engaged with scientific culture. Among the hundreds of didactic materials for the Contenedores project, some are focused on future scenarios and propose different ways of tackling the relations between science, technology and society. This article presents ten of those practical proposals about the future to take very much into account in the classroom.

Key words: STS education, scientific culture, didactics, future, foresight

Introducción

En los años 70 alcanzó cierta difusión *Recuerdos del futuro*, un libro de título llamativo y contenido alucinado en el que el suizo Erik von Däniken (1968) popularizaba la hipótesis del origen extraterrestre de la inteligencia humana. El único valor de esa obra fue quizá el de llamar la atención del público sobre construcciones tan fascinantes como las líneas de Nazca o las piedras de Stonehenge. Pero hay que reconocer que su mayor acierto fue seguramente la pregnancia de su título.

“Nostalgia del futuro” es el título del capítulo que Eduardo Galeano (2011) dedicó a Oscar Niemeyer en *Los hijos de los días*. Una expresión afortunada con la que el escritor uruguayo quiso explicar el motivo por el que el genial arquitecto brasileño dejaba atrás su primer siglo de vida y continuaba transformando, proyecto tras proyecto, el paisaje del mundo.

Ni Erik von Däniken ni Eduardo Galeano han contribuido especialmente al desarrollo de las ciencias. Aunque quizá sí lo hayan hecho con las reacciones que provocó la charlatanería pseudocientífica del primero y con el estímulo que siempre aportó la mirada crítica y comprometida del segundo. En cualquier caso, no se les puede negar que sus oxímoros resultan muy sugerentes para pensar sobre algo tan importante para la ciencia, y que siempre deberíamos tener presente, como es el futuro.

En los años 70 no podíamos saber qué significaba tener recuerdos del futuro. Pero hoy sí. Los que nacimos lo suficientemente lejos del 2000 como para recordar que ese año marcaba la frontera de un futuro incierto y relativamente lejano, hoy tenemos nítidos recuerdos del futuro. Más allá de ese año situábamos en primera persona de singular nuestra vida adulta. Y en primera persona de plural, los más fascinantes desafíos de la humanidad. ¿Sobreviviría nuestra especie al riesgo de una guerra nuclear? ¿Habría en 2001 verdaderas odiseas del espacio? ¿Recibiríamos para entonces respuesta inteligente a los mensajes que enviábamos a las estrellas? ¿Se habría acabado con el hambre? ¿Serían habituales los viajes supersónicos? ¿Con qué habríamos sobrevivido a la crisis del petróleo? ¿Se habría hallado la cura definitiva del cáncer? ¿Sería común la criogenia? ¿Cómo serían nuestras comunicaciones en el comienzo de ese nuevo milenio?

Seguramente es a esta última pregunta a la que el tiempo ha respondido de forma más parecida a los sueños que la ciencia y la ficción habían sembrado en la imaginación de aquellos adolescentes cuyos recuerdos del futuro hoy podemos evocar. Y, al hacerlo, recordamos también lo importantes que fueron aquellos sueños para forjar nuestro interés por la ciencia, para incentivar no pocas vocaciones hacia campos diversos del saber, para impulsar el deseo de contribuir a que el futuro (el biográfico y el colectivo) fuera distinto al pasado en la confianza cierta de que lo mejor siempre está por venir.

Los recuerdos del futuro que algunos tenemos hoy nos hacen comprender la importancia de esa nostalgia del futuro que hace crecer en cualquier joven (aunque tenga más de cien años) una actitud activa y participativa ante la vida. Y también un

deseo de conocer los avances venideros de la ciencia y quizá también de contribuir a producirlos como profesionales y a valorarlos como ciudadanos.

Parece indudable que el presente de los países iberoamericanos en los años 70 y 80 favorecían aquellos sueños adolescentes. Quizá por ello las generaciones que nos hemos hecho adultas desde entonces podemos sentirnos orgullosas de la forma en que hemos sido coherentes con aquellos anhelos y hemos contribuido a que algunos de ellos se hayan podido cumplir en lo relativo al desarrollo tecnológico, al progreso social y a las libertades civiles y políticas. O también responsabilizarnos por no haber sentido suficiente nostalgia del futuro como para intentar superar muchos de los males que siguen aquejando a nuestras sociedades en el presente.

En cierto modo, la ilusión por el futuro es lo que ha caracterizado a esas generaciones recientes que, frente a las que se sucedieron en los siglos y milenios anteriores, pudieron percibir ese cambio social y tecnológico que Mariano Fernández Enguita (2016) ha definido como intergeneracional por oposición a aquel otro suprageneracional que resultaba imperceptible a la escala de la vida humana en el pasado.

Sin embargo, quienes hoy están en las aulas ya no pueden tener recuerdos del futuro como los que marcó para nosotros ese hito del 2000. La mayoría han nacido después y corresponden a una generación que vivirá durante su vida cambios sociales y tecnológicos radicales a ese ritmo que Fernández Enguita ha caracterizado como el del cambio intrageneracional. El vértigo propio del presente continuo de su vida adulta quizá es el sueño que nosotros imaginábamos como adolescentes para un futuro perfecto.

En todo caso, una diferencia importante en la vivencia del tiempo entre los adolescentes que fuimos y los que lo son ahora es la presencia del futuro. Para nosotros era una forma de huir de aquel presente mejorable. Para ellos el futuro puede haber desaparecido porque se ha ensanchado hasta el paroxismo su experiencia del presente.

Pero el tiempo del futuro ha sido siempre el espacio de la utopía, el lugar donde se disputan su razón de ser lo posible y lo deseable, lo que puede y lo que debe llegar a ser, lo que queremos hacer y lo que tendríamos que hacer. La ciencia y la ficción han tenido siempre en el futuro su tierra prometida, el escenario utópico o distópico en el que ensayar alianzas o señalar peligros. Es el territorio compartido de la imaginación y la prospectiva, el de los sueños imposibles y las posibilidades reales.

Pensar sobre el futuro, anticiparlo, modularlo, valorarlo y decidirlo es aún más importante en estos tiempos de cambios acelerados en los que el reino de lo técnicamente posible quizá sea más vasto que el de la república de lo deseable. Unos tiempos en los que, como anticipaba Ortega (1939), “el hombre está hoy en su fondo azorado por su principal ilimitación. Y acaso ello contribuye a que no sepa ya quién es -porque al hallarse, en principio, capaz de ser todo lo imaginable, ya no sabe qué es lo que efectivamente es”.

En este sentido, es importante favorecer que los niños y los jóvenes recuperen la experiencia del futuro y la tengan presente en la gestación de su imaginario sobre las relaciones entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Los escenarios prospectivos, las valoraciones y dilemas sobre las opciones que en ellos se abren, los análisis sobre las relaciones entre lo que puede y lo que debe orientar el desarrollo tecnocientífico tienen, por tanto, una gran importancia desde un punto de vista educativo. Con esos escenarios prospectivos, que recuperan lo mejor de esa idea de nostalgia del futuro de la que hablara Galeano, se favorece desde las aulas un tipo de cultura científica que resulta muy útil tanto para propiciar la aparición de esa ilusión que caracteriza a las vocaciones científicas, como para el fortalecimiento de esa mirada crítica que caracteriza a la ciudadanía responsable en las sociedades democráticas.

1. Diez propuestas prácticas para pensar el futuro en las aulas

Aportar materiales prácticos para promover la cultura científica en las aulas es el propósito de un proyecto que desde 2009 viene impulsando el área de ciencia de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) en paralelo a la configuración de la amplia red de docentes que constituyen la Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica (Martín Gordillo y Osorio, 2012). Es *Contenedores*, un espacio virtual que ya alberga más de 400 materiales didácticos sobre distintos temas relacionados con la cultura científica.¹

La propia denominación del proyecto revela la voluntad de huir de la tradicional organización por asignaturas o por espacios disciplinares (a menudo excesivamente disciplinados) que suelen configurar los currículos escolares. Así se han constituido siete contenedores temáticos: 1) Los retos de la salud y la alimentación; 2) Los desafíos ambientales; 3) Las nuevas fronteras de la materia y la energía; 4) La conquista del espacio; 5) El hábitat humano; 6) La sociedad digital; 7) Otros temas de cultura científica, en cada uno de los cuales hay disponibles más de 60 materiales didácticos que, partiendo de documentos periodísticos procedentes de medios iberoamericanos, proponen una serie de actividades planteadas de forma abierta y flexible para suscitar un trabajo reflexivo, valorativo, dialógico y participativo que permita abordar en el aula temas relacionados con la cultura científica que habitualmente no están presentes en los libros de texto.

Entre los cientos de materiales didácticos que se incluyen en el proyecto *Contenedores*, algunos abordan de modo central cuestiones relacionadas con el futuro y la prospectiva en el sentido antes señalado. A continuación se caracterizarán brevemente diez de ellos.

1. Más información en: <http://ibercienciaoei.org/contenedores/>.

1.1. ¿Cuánta energía podrían llegar a producir las turbinas eólicas?

El debate sobre las fuentes de energía no sólo afecta a las reales. También a las posibles. Varios estudios teóricos señalan la enorme potencialidad de la energía eólica y sugieren que en el futuro se podría llegar a cubrir con ella más de la mitad de las necesidades energéticas de los seres humanos. Otros consideran que esos cálculos son demasiado optimistas. En todo caso, la energía eólica potencial de las corrientes de aire a diez mil metros de altura podría ser equivalente a cien veces la demanda energética mundial. Y ello sin efectos negativos para el clima. Estudiar cuánto viento hay en el planeta y cuánta energía se podría obtener teóricamente de él plantea desafíos muy interesantes para orientar las decisiones sobre el desarrollo real de este tipo de tecnologías. De eso trata el artículo de Mediavilla (2012), que sirve de base a una de las propuestas didácticas incluidas en el tercer contenedor de los descritos anteriormente.²

Figura 1. Las turbinas eólicas pueden proporcionar toda la energía necesaria en el mundo



118

Entre las actividades que se sugiere a los alumnos, además de conocer qué son y cómo funcionan los aerogeneradores de los que se habla en el reportaje, se les propone analizar las diferencias entre los dos estudios prospectivos comparados en

2. Más información en: <http://iberencienciaoei.org/contenedores/pdf/3ACH109.pdf>.

el reportaje. Partiendo de ellos, se sugiere que los alumnos estimen la disposición de energía eléctrica aproximada que correspondería a cada ser humano en el planeta si la distribución fuera igual entre todos. También que la comparen con el consumo real de energía eléctrica que tiene su familia actualmente. Y que, para esa comparación, tengan en cuenta qué parte de la demanda de energía eléctrica actual corresponde al ámbito doméstico y qué parte se destina a otros usos. Aportar argumentos a favor o en contra de la instalación masiva de aerogeneradores en el planeta es otra de las propuestas que se plantean a los alumnos para propiciar un debate en el aula sobre este tema. Como también una reflexión sobre la utilidad de los estudios de prospectiva sobre escenarios futuros como los que se incluyen en ese reportaje y una enumeración de los ámbitos en los que, a juicio de los alumnos, sería interesante desarrollar ese tipo de estudios.

1.2. ¿Cómo se construye la vivienda del futuro?

Los efectos negativos de las crisis económicas son evidentes, pero también son momentos estimulantes para la creatividad. En el urbanismo y la arquitectura esto es bastante visible. Tras años de excesos muy agresivos para el territorio y poco propicios para la reflexión, la crisis de la construcción en algunos países es una oportunidad para que urbanistas y arquitectos revisen sus ideas y propuestas sobre el ser y el deber ser de la vivienda y la ciudad. De eso trata el reportaje de Díaz de Tuesta (2009) en el que se aportan perspectivas sobre el futuro de la vivienda. Sobre sus formas constructivas y sobre la participación de los usuarios en la definición de su diseño.

119

Analizar por qué en algunos países se construyeron muchas viviendas en pocos años y por qué de repente se dejaron de construir es una de las propuestas que plantea a los alumnos el material didáctico correspondiente al quinto de los contenedores de este proyecto que propone tratar en el aula el tema del futuro de los modelos de vivienda.³ La valoración de la llamada arquitectura icónica y su contraste entre los proyectos de viviendas sostenibles es otro de los aspectos que, a partir de los contenidos del reportaje, se sugiere que los alumnos debatan. Asimismo, la dilucidación sobre si la vivienda es un derecho básico de las personas o una mercancía cuyo valor depende del mercado, así como los conflictos que esa dualidad comporta, son otros aspectos interesantes para ser tratados con los alumnos.

3. Más información en: <http://ibercienciaoei.org/contenedores/pdf/5MMG81.pdf>.

Figura 2. Cómo se construye la vivienda del futuro



120

¿Cómo debería ser la vivienda ideal a la que pudieran acceder todas las personas? ¿Qué tamaño medio debería tener? ¿Con cuántas habitaciones debería contar? ¿Qué espacios compartidos debería haber dentro de ella? ¿Debería haberlos también con los vecinos? Plantearles preguntas como esas y sugerir que los alumnos dibujen en un plano la forma general que podría tener su “edificio ideal” y la distribución interior de una vivienda digna y deseable son, asimismo, propuestas prácticas de este material didáctico que apuesta decididamente por educar no sólo la mirada sobre la arquitectura y los espacios urbanos en los que vivimos, sino también fomentar actitudes participativas y propositivas en relación con esos entornos.

Pero, en la medida en que se trata de propuestas sobre escenarios prospectivos relacionados con la arquitectura y el urbanismo, también se sugiere que los alumnos imaginen su vida dentro de veinte años y que, situados en ese futuro deseable, comenten sus impresiones sobre los siguientes aspectos relacionados con la manera de habitar la vivienda y la ciudad:

- a) ¿Preferirías vivir de alquiler o dedicar tus ahorros a tener una vivienda en propiedad?
- b) ¿Te gustaría vivir en un edificio de más de cinco plantas?

- c) ¿Crees que sería bueno que los edificios tuvieran espacios comunes para lavar la ropa, tenderla, dejar la bicicleta?
- d) ¿Es mejor una ciudad densa, con edificios altos, pero en la que se use menos el automóvil o extendida, con edificios bajos y en la que se use más el automóvil?
- e) ¿Crees que cada persona debería diseñar la forma de su vivienda o es mejor que los arquitectos se las diseñen en todos los detalles?
- f) ¿Es justo que algunas personas tengan varias viviendas vacías mientras otras no tienen ninguna o tienen que pagar grandes cantidades para adquirir o comprar una vivienda?
- g) ¿Debería prohibirse que se edificaran viviendas privadas al lado de las playas?
- h) ¿Qué importancia debería tener la sostenibilidad ambiental en la construcción de las viviendas?
- i) ¿Deben obligar las leyes a que las viviendas sociales para las personas con menos recursos se edifiquen en las mismas zonas que las viviendas privadas más lujosas?
- j) ¿Te gustaría vivir en el centro de la ciudad?

Ni que decir tiene que las respuestas que los alumnos dan a estas cuestiones son susceptibles de un más que interesante debate en el aula sobre un aspecto tan importante en la vida adulta como es la vivienda.

1.3. ¿Somos demasiados?

¿Somos una especie sostenible? ¿Podrá el planeta soportar nuestro crecimiento? En 2050 habrá en el mundo 9000 millones de seres humanos. El acceso a los recursos no estará garantizado para todos si se mantiene la actual desigualdad económica entre las distintas regiones del mundo. Pero también se verá comprometido el futuro ambiental del planeta si no cambia el modelo de consumo que hoy caracteriza a los países desarrollados. Cuestiones tan relevantes como esas son abordadas en el reportaje de Calderón (2009) que sirve de base a otro de los materiales didácticos del quinto contenedor.⁴ Se trata de un documento con numerosos datos sobre escenarios prospectivos y apoyo gráfico con informaciones particularmente oportunas para ser analizadas en el aula.

121

4. Más información en: <http://ibercienciaoei.org/contenedores/pdf/5MMG85.pdf>.

Figura 3. ¿Somos demasiados?

vida&artes

Tras el Santo Grial de la medicina regenerativa

¿Somos demasiados?

Sumaremos 7.000 millones de habitantes en 2012 y 9.000 en 2050 • El problema no es la fecundidad, que ya se está frenando, sino la fetal distribución de recursos

UNA PREGUNTA

La gravedad de la crisis económica en el planeta es tan grande como la de la crisis del cambio climático y una segunda amenaza que podría hacer más pesada nuestra existencia. Y tenemos más de 7.000 millones de habitantes en el planeta. ¿Somos demasiados? El problema no es la fecundidad, que ya se está frenando, sino la fetal distribución de recursos



El 7% de la población genera el 50% de las emisiones de CO₂

Sin anticoncepción, en 2050 habría 11.000 millones de personas

La natalidad de la población en los últimos 30 años

La producción de alimentos debe aumentar un 70% hasta 2050

La natalidad de la población en los últimos 30 años

La producción de alimentos debe aumentar un 70% hasta 2050

La natalidad de la población en los últimos 30 años

La producción de alimentos debe aumentar un 70% hasta 2050

122

Interpretar los datos y estimaciones que se aportan en el reportaje es una de las primeras propuestas que se plantean a los alumnos. Dichos datos no se refieren sólo a predicciones sobre el futuro, sino que incluyen tendencias poblacionales desde mediados del siglo XIX que hacen particularmente interesante para los alumnos la indagación sobre los planteamientos históricos de las hipótesis malthusianas. El reportaje de referencia para este material didáctico lleva como anexo una interesante entrevista al biólogo de poblaciones Paul R. Ehrlich, que incluye provocativas consideraciones para que los alumnos puedan analizar las consecuencias de los desequilibrios entre natalidad y jubilaciones en los países desarrollados. En este material didáctico también se plantea la posibilidad de que se hubiera encargado a los alumnos la preparación de la agenda de una reunión internacional en la que se estudiaran y propusieran posibles soluciones a los problemas demográficos en el horizonte de 2050.

Entre las actividades que se proponen en muchos de estos materiales, figura una quiniela valorativa con diez frases como la que se incluye a continuación. Sobre cada una de ellas los alumnos pueden pronunciarse individualmente para, con esas valoraciones, plantear un debate abierto en el aula.

Tabla 1. Quiniela sobre el futuro de la población mundial

1. La población mundial siempre ha crecido de la misma manera.	1	X	2
2. No hay relación entre el desarrollo de la técnica y el crecimiento de la población en el mundo.	1	X	2
3. El planeta puede albergar a muchos más seres humanos, sólo hay que perfeccionar las técnicas que puedan permitir alimentar a todos.	1	X	2
4. Cada país tiene la riqueza que se merece.	1	X	2
5. Cada persona tiene la riqueza que se merece.	1	X	2
6. El planeta podría soportar que todas las personas vivieran como viven los más ricos.	1	X	2
7. Ante los problemas demográficos la solución son las guerras.	1	X	2
8. Ante los problemas demográficos se deben imponer medidas de control reproductivo.	1	X	2
9. Si cada persona pudiera nacer por azar en cualquier lugar del mundo, ni siquiera los ricos podrían desear que el mundo fuera tan desigual.	1	X	2
10. Deberían tratarse con más frecuencia las cuestiones demográficas en las asignaturas que estudio.	1	X	2

1: De acuerdo X: En duda 2: En desacuerdo

1.4. ¿Debería decidir un coche sin conductor quién vive y quién muere?

123

Los automóviles autónomos del futuro plantearán problemas filosóficos. Serán robots sociales que se enfrentarán a dilemas éticos como el de decidir qué vidas proteger en casos límite de accidentes inevitables. Es uno más de esos problemas no técnicos que inspiraron las famosas leyes con las que Asimov exploraba los límites de la robótica. Un tipo de problemas que entrañan dilemas éticos como los que plantea Keith Naughton (2015) en el interrogante que da título al reportaje periodístico que sirve de punto de partida a esta propuesta didáctica.

Aunque la imagen de androides individuales que ayudan a las tareas de los humanos es la más extendida cuando se piensa en la robótica, los automóviles autónomos (valga la redundancia) evidencian que el tipo de artefactos que más intensamente cambiarán nuestras vidas en el futuro quizá no respondan a la metáfora del cerebro como software individual sino como nodo de una inteligencia social que tiene en la interacción su característica primordial. En este sentido, la idea del robot social que cabe plantear para el futuro del tráfico plantea dilemas filosóficos que van más allá de la resolución de problemas técnicos y apuntan a cuestiones axiológicas de notable calado. El interés de anticipar este tipo de dilemas en el aula con los alumnos no es menor que el conocimiento de las características técnicas que podrán tener esos artefactos.

Figura 4. ¿Debería decidir un coche sin conductor quién vive y quién muere?

40 | EL PAÍS | ECONOMÍA Y NEGOCIOS | Miércoles 1 de julio de 2015

COCHES SIN CONDUCTOR

¿Debería decidir un coche sin conductor quién vive y quién muere?

Los fabricantes reclutan a filósofos para el desarrollo del futuro automóvil autónomo

KEITH NAUGHTON (BLOOMBERG) | Debut | 30 JUN 2015 - 16:43 CEST

Los cerebros de la automovilística de Detroit, Tokio y Stuttgart ya saben prácticamente cómo fabricar vehículos sin conductor. Hasta los chicos de Google parecen haber resuelto el misterio. Ahora viene lo difícil: decidir si las máquinas deberían tener poder sobre quién sobrevive y quién muere en un accidente.

El sector promete un futuro brillante con vehículos autónomos que se moverán armónicamente como bancos de peces. No obstante, esto no se hará realidad hasta que los fabricantes de coches respondan a la clase de preguntas espinosas que ha explorado la ciencia ficción desde que Isaac Asimov escribiera su serie sobre robots el siglo pasado. Por ejemplo, ¿debería un vehículo autónomo sacrificar a su ocupante con un giro brusco que lo haga caer por un precipicio para evitar matar a los niños que juegan en un autobús escolar?

Aquí los ejecutivos de la industria automovilística se encuentran en terreno desconocido, por lo cual han reclutado a especialistas en ética y a filósofos para que les ayuden a navegar por los matices que van del blanco al negro. Ford, General Motors, Audi, Renault y Toyota se han dirigido al Centro de Investigación en Automoción de la Universidad de Stanford, donde se están programando coches con el fin de que tomen decisiones éticas, y luego observar qué ocurre.

"Indudablemente, el tema está en el punto de mira", afirma Chris Gardner, director del laboratorio, que recientemente se reunió con los directores ejecutivos de Ford y General Motors para debatir la cuestión. "Son conscientes de los problemas y los retos porque en la actualidad sus programadores tratan activamente de tomar esas decisiones".

Los fabricantes de automóviles, además de Google, están gastando miles de millones en desarrollar coches sin conductor. Esta semana, Ford ha declarado que está llevando el desarrollo de coches autónomos del laboratorio de investigación a sus operaciones avanzadas de Ingeniería. Este verano, Google proyecta poner en las carreteras de California "unos cuarenta" coches autónomos que hayan pasado el examen de la pista de pruebas.

Robots sociales

Los coches ya pueden pararse y cambiar de dirección sin la ayuda de un conductor humano. Según Boston Consulting Group, es posible que, dentro de una década, haya vehículos totalmente automatizados circulando por las carreteras públicas. Los coches serán una de las primeras máquinas autónomas que pondrán a prueba los límites del sentido común y la reacción en tiempo real.



124

¿Qué es un robot social? ¿Sería la de un banco de peces una metáfora adecuada para entender el tráfico en el futuro? ¿Qué son los dilemas? ¿Y los dilemas éticos? ¿Quién debe resolverlos? ¿Debería un automóvil en una situación límite salvar la vida de su dueño si para ello tuviera que provocar la muerte de un mayor número de personas? ¿Desearíamos encontrarnos en la carretera con ese tipo de automóviles egoístas? ¿Se venderían los automóviles altruistas que estuvieran programados para proteger un mayor número de vidas? Cuestiones como éstas son las que se plantean en las actividades que se proponen para el trabajo en el aula con este material didáctico.⁵ Un tipo de problemas que plantean la dimensión ética que tiene el diseño de escenarios futuros en relación con algo tan próximo como son los automóviles y la ordenación del tráfico. Como en muchos otros materiales didácticos, en éste también se ofrece a los alumnos una serie de frases con la forma de quiniela valorativa que propicia interesantes controversias en el aula.

5. Más información en: <http://ibericienciaoei.org/contenedores/pdf/5MMG216.pdf>.

Tabla 2. Quiniela sobre decisiones éticas y automóviles autónomos

1. Si todas las decisiones fueran racionales nunca se plantearían problemas éticos en el tráfico.	1	X	2
2. El automóvil autónomo debe priorizar la vida de su propietario en cualquier situación.	1	X	2
3. El automóvil autónomo debe priorizar el cumplimiento de las normas en cualquier situación.	1	X	2
4. El automóvil autónomo debe priorizar las vidas del mayor número de seres humanos en cualquier situación.	1	X	2
5. Los sistemas tecnológicos para el control de la circulación harían más seguras las carreteras.	1	X	2
6. Su propietario debería ser el responsable de todos los daños que pudiera provocar un automóvil autónomo.	1	X	2
7. Cuantas menos decisiones deba tomar el conductor más seguras serán las carreteras.	1	X	2
8. Cuantas más decisiones toma el conductor más placentero le resulta conducir el automóvil.	1	X	2
9. Al diseñar tecnologías relacionadas con los automóviles y la circulación el punto de vista del conductor es el más importante.	1	X	2
10. Los automóviles totalmente autónomos no deberían circular por las carreteras.	1	X	2

1: De acuerdo X: En duda 2: En desacuerdo

125

1.5. ¿La red nos hace más listos?

Los seres humanos mejoramos con Internet. Esa es la conclusión de una encuesta realizada por el *Pew Research Center* de Estados Unidos a 900 expertos (entre profesores universitarios, responsables de empresas tecnológicas o líderes de la Red) que recoge el reportaje de Criado (2010), del que parte este material didáctico incluido en el sexto de los contenedores citados más arriba.⁶ Los afectos neurológicos y psicológicos del uso de las redes digitales, las competencias en lectoescritura, el propio futuro de las tecnologías relacionadas con Internet o las posibilidades de mantener la privacidad en el futuro son algunos de los aspectos sobre los que se pronunciaron esos expertos. Y el balance general de sus miradas prospectivas no parece ser muy negativo.

6. Más información en: <http://ibercienciaoei.org/contenedores/pdf/6MMG102.pdf>.

Figura 5. La Red nos hace más listos



Mayor inteligencia, mejores competencias lectoras, nuevas formas de plasmar el saber y una fascinación creciente por los escenarios emergentes que nos depararan las tecnologías digitales son algunos de los aspectos que destacan esos expertos. Por el contrario, la neutralidad de la Red o la pérdida de intimidad de las personas son algunos de los riesgos que anticipan.

Ante un tema como éste y con un referente empírico tan sugerente como el de los resultados de la encuesta que motiva el reportaje, resulta evidente el interés para el aula de discutir esos escenarios prospectivos en relación con la manera en que afectará a la inteligencia humana la interacción cotidiana en entornos digitales.

¿Cómo será Internet en el futuro? ¿Cómo cambiará nuestras vidas? ¿Qué nuevos servicios sería bueno que se desarrollaran en Internet? Esas tres preguntas pueden ser la base para un interesante debate entre los alumnos, para el que pueden tomar como referente los resultados de la encuesta a los expertos que se cita en el reportaje, pero también los que ellos mismos obtengan aplicando otra en su propio entorno escolar. A tal fin, en este material didáctico se proponen estrategias para el desarrollo de este tipo de investigaciones empíricas relacionadas con la percepción y opinión de las sobre el cambio tecnológico y se plantean algunas cuestiones concretas para un cuestionario que pueda ofrecer datos empíricos relevantes del propio entorno.

Internet y las capacidades humanas, el futuro de Internet y qué falta en Internet son los tres apartados de la encuesta que se propone a los alumnos para conocer la percepción de su entorno sobre estos temas.

Tabla 3. Cuestionario sobre Internet y las capacidades humanas

<p>Valora de 1 a 4 los siguientes aspectos referidos a tus opiniones sobre la forma en que Internet puede afectar a las capacidades humanas. Puedes graduar tus valoraciones marcando 1, 2, 3 ó 4 entendiendo que 1 significa “nada de acuerdo” y 4 significa “muy de acuerdo”</p>				
1. El uso de Internet potenciará las habilidades mentales.	1	2	3	4
2. El uso de Internet mejorará las capacidades para leer.	1	2	3	4
3. El uso de Internet hará que se lea más.	1	2	3	4
4. Los libros digitales son tan buenos para la lectura como los de papel.	1	2	3	4
5. Desde que existe Internet se lee más.	1	2	3	4
6. Desde que existe Internet se escribe más.	1	2	3	4
7. El uso de Internet mejorará las capacidades para escribir.	1	2	3	4
8. El uso de Internet hará que se cometan menos faltas de ortografía.	1	2	3	4
9. El uso de Internet aumentará los conocimientos de las personas.	1	2	3	4
10. El uso de Internet nos hará más listos.	1	2	3	4

127

Tabla 4. Cuestionario sobre el futuro de Internet

<p>Valora de 1 a 4 los siguientes aspectos referidos a tus opiniones sobre el futuro de Internet. Puedes graduar tus valoraciones marcando 1, 2, 3 ó 4 entendiendo que 1 significa “nada de acuerdo” y 4 significa “muy de acuerdo”</p>				
1. Los avances tecnológicos relacionados con Internet en los próximos diez años serán tan sorprendentes como los que ha habido en los últimos diez.	1	2	3	4
2. En el futuro Internet seguirá siendo libre.	1	2	3	4
3. En el futuro Internet seguirá siendo neutral.	1	2	3	4
4. En el futuro no habrá privacidad en Internet.	1	2	3	4
5. En el futuro quien no use Internet estará como está hoy alguien que no lee ni escribe.	1	2	3	4
6. En el futuro la economía no podrá funcionar sin Internet.	1	2	3	4
7. En el futuro irán desapareciendo las fronteras entre los países a medida que se desarrollen los contactos a través de Internet.	1	2	3	4
8. En el futuro no podrán entender como se vivía en los tiempos en que no existía Internet.	1	2	3	4
9. En el futuro la mayoría de las consultas médicas y buena parte de los diagnósticos se harán a través de Internet.	1	2	3	4
10. En el futuro habrá más educación virtual a través de Internet que presencial en las escuelas.	1	2	3	4

Tabla 5. ¿Qué falta en Internet?

Google, Facebook, Twitter... han sido grandes inventos que ofrecen servicios a través de Internet que hoy son utilizados por millones de personas cada día. Sin embargo, en algún momento fueron sólo ideas en las cabezas de algunos jóvenes emprendedores. ¿Qué falta en Internet? ¿Qué nuevos servicios podrían ofrecerse a través de la red? No estaría mal proponer tres ideas creativas e innovadoras. Quizá alguna podría hacerse realidad...

1:

2:

3:

128

1.6. Doce acontecimientos que cambiarían el mundo

¿Qué acontecimientos podrían cambiar drásticamente el mundo en los próximos cincuenta años? En el artículo de Ruiz de Elvira (2010) que sirve de base a este material didáctico del séptimo contenedor, se aborda esta cuestión a partir de las respuestas que algunos expertos dieron a la revista *Scientific American* cuando se les planteó ese interrogante, al que respondieron señalando la probabilidad de que cada uno de los acontecimientos escogidos pudiera llegar a suceder en ese plazo.⁷ La clonación humana, el hallazgo de vida extraterrestre o determinadas catástrofes ambientales son algunos de los sucesos candidatos a ser considerados como los grandes acontecimientos históricos del futuro a juicio de los expertos aludidos en el reportaje.

7. Más información en: <http://iberenciaoei.org/contenedores/pdf/7MMG116.pdf>.

Figura 6. Doce acontecimientos que cambiarían el mundo

EL PAÍS (COTI) Sociedad

12 acontecimientos que cambiarían el mundo

La vida extraterrestre y las nuevas dimensiones se incluyen en el ejercicio de futurología hecho por 'Scientific American'

MARLEN RIVERA DE SILVEIRA - IMAGENES AGENCIADAS

Una posibilidad obvia es la clonación humana, que se cataloga como probable. "Es muy difícil pero también parece ser inevitable", señala Charles Q. Choi. Desde que se produjo en 1996 el nacimiento de la oveja Dolly, que fue el primer mamífero clonado, muchos lo han intentado pero el proceso ha resultado estar plagado de dificultades, al contrario de lo que sucede en otros mamíferos, como las vacas o los perros.

¿Y si se descubrieran dimensiones extras, que sumar a las cuatro establecidas por Einstein? La probabilidad de que esto suceda está en la mitad de la escala que establece la revista y el acelerador LHC podría alcanzar la energía suficiente como para proporcionarnos un vistazo de otras dimensiones. La prueba de que existen "alteraría drásticamente nuestra noción de la realidad", dice el cosmólogo Max Tegmark.

La vida inteligente extraterrestre es otro de los acontecimientos que alcanzarían la

Tres muertos en Córdoba por las lluvias. Un cuerpo fue arrastrado en el interior de un habitáculo anclado por una rueda. Otro fue arrastrado a 150 metros del vehículo. Una mujer fue muerta en Bahía Blanca al caer un muro como consecuencia de las fuertes lluvias.

Menos fuego en Rusia. El área de incendios afectada por los incendios en todo el país se ha reducido a menos de la mitad en la

Última Hora

Tres muertos en Córdoba por las lluvias. Un cuerpo fue arrastrado en el interior de un habitáculo anclado por una rueda. Otro fue arrastrado a 150 metros del vehículo. Una mujer fue muerta en Bahía Blanca al caer un muro como consecuencia de las fuertes lluvias.

Menos fuego en Rusia. El área de incendios afectada por los incendios en todo el país se ha reducido a menos de la mitad en todo el país, informó hoy el ministerio de Rusia para Situaciones de Emergencia. (Foto: Efe)

PlasmaCar Morado Precio 49.900 €

Los más vistos

1. 'Tad' muere, los vacas a Cuba'
2. Un tren causa un accidente aéreo en Colombia
3. Una ley regula el 'fideísmo' a saber' de los ciudadanos ante la Administración
4. Los delirios lapidarios a una pareja acusada de sublevar en Algeciras

Con un referente tan sugerente, es fácil plantear a los alumnos una reflexión nítidamente centrada en temas generales de prospectiva en los que, en primer lugar, puedan analizar, sobre los acontecimientos señalados por esos expertos, cuáles de ellos dependen de la actividad humana y cuáles no. En segundo lugar, se les propone valoren las consecuencias positivas o negativas de cada uno de ellos, ordenándolos en una lista en que se enumeren desde el acontecimiento más deseable hasta el menos deseable. En tercer lugar, se plantea que utilicen el propio criterio temático del proyecto contenedores para intentar ubicar cada uno de esos doce acontecimientos en alguno de los siete que articulan este proyecto: 1) Medio ambiente; 2) Salud y alimentación; 3) Materia y energía; 4) Astronomía y cosmología; 5) Hábitat humano; 6) Redes digitales; 7) Otros temas de ciencia y tecnología. A continuación se sugiere que sean los propios alumnos los que aporten algún otro acontecimiento que cambiaría drásticamente el mundo en los próximos cincuenta años y que no hubiera sido previsto por los expertos. En relación con él se les propone también que elaboren un relato (podría ser de ciencia ficción) en el que se describan verosímilmente las características de ese acontecimiento.

Por último, se propone a los alumnos valorar y discutir la relevancia de este tipo de análisis prospectivos a partir de esa herramienta clásica del proyecto *Contenedores* que es la quiniela valorativa, que en este caso estaría formada por las frases muy sugerentes para propiciar en el aula un debate general sobre el valor de la prospectiva.

Tabla 6. Quiniela sobre prospectiva

1. Nadie puede estimar la probabilidad de lo que va a suceder.	1	X	2
2. El futuro no debe preocuparnos. Bastante tenemos con el presente.	1	X	2
3. Lo más grave es lo que pueda suceder en el futuro con el medio ambiente.	1	X	2
4. Es casi imposible que se desate una guerra nuclear. Ese tipo de riesgos son cosa del pasado.	1	X	2
5. La prospectiva sobre los acontecimientos del futuro es importante por lo que pueden aportar como alerta o sistemas de prevención.	1	X	2
6. El futuro está escrito. Lo que tenga que ser será. Es algo inexorable.	1	X	2
7. Siempre se ha temido al futuro.	1	X	2
8. Siempre se ha confiado en el futuro.	1	X	2
9. Todo lo que es técnicamente posible se hará.	1	X	2
10. Todo lo que es técnicamente posible se debe hacer.	1	X	2

1: De acuerdo X: En duda 2: En desacuerdo

1.7. Despertar en el futuro

¿Cómo era el futuro en el pasado? Algunas novelas lo muestran. Por ejemplo, las de H. G. Wells y Robert A. Heinlein que, antes de que las máquinas literarias permitieran viajar en el tiempo, ya habían hecho dormir largos sueños a sus personajes para despertarlos (o descongelarlos) en un futuro remoto. Recuperar esas imágenes del futuro que vienen del pasado permite comprobar que algunas profecías literarias se han hecho sorprendentemente reales. Eso es lo que hace Capanna (2013) en el artículo periodístico que sirve de base a este material didáctico, correspondiente también al séptimo contenedor del proyecto.⁸

8. Más información en: <http://ibercienciaoei.org/contenedores/pdf/7MMG175.pdf>.

Figura 7. Despertar en el futuro

Página 12

1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 | 156 | 157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168 | 169 | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 | 192 | 193 | 194 | 195 | 196 | 197 | 198 | 199 | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 | 208 | 209 | 210 | 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 | 220 | 221 | 222 | 223 | 224 | 225 | 226 | 227 | 228 | 229 | 230 | 231 | 232 | 233 | 234 | 235 | 236 | 237 | 238 | 239 | 240 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 247 | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 | 255 | 256 | 257 | 258 | 259 | 260 | 261 | 262 | 263 | 264 | 265 | 266 | 267 | 268 | 269 | 270 | 271 | 272 | 273 | 274 | 275 | 276 | 277 | 278 | 279 | 280 | 281 | 282 | 283 | 284 | 285 | 286 | 287 | 288 | 289 | 290 | 291 | 292 | 293 | 294 | 295 | 296 | 297 | 298 | 299 | 300 | 301 | 302 | 303 | 304 | 305 | 306 | 307 | 308 | 309 | 310 | 311 | 312 | 313 | 314 | 315 | 316 | 317 | 318 | 319 | 320 | 321 | 322 | 323 | 324 | 325 | 326 | 327 | 328 | 329 | 330 | 331 | 332 | 333 | 334 | 335 | 336 | 337 | 338 | 339 | 340 | 341 | 342 | 343 | 344 | 345 | 346 | 347 | 348 | 349 | 350 | 351 | 352 | 353 | 354 | 355 | 356 | 357 | 358 | 359 | 360 | 361 | 362 | 363 | 364 | 365 | 366 | 367 | 368 | 369 | 370 | 371 | 372 | 373 | 374 | 375 | 376 | 377 | 378 | 379 | 380 | 381 | 382 | 383 | 384 | 385 | 386 | 387 | 388 | 389 | 390 | 391 | 392 | 393 | 394 | 395 | 396 | 397 | 398 | 399 | 400 | 401 | 402 | 403 | 404 | 405 | 406 | 407 | 408 | 409 | 410 | 411 | 412 | 413 | 414 | 415 | 416 | 417 | 418 | 419 | 420 | 421 | 422 | 423 | 424 | 425 | 426 | 427 | 428 | 429 | 430 | 431 | 432 | 433 | 434 | 435 | 436 | 437 | 438 | 439 | 440 | 441 | 442 | 443 | 444 | 445 | 446 | 447 | 448 | 449 | 450 | 451 | 452 | 453 | 454 | 455 | 456 | 457 | 458 | 459 | 460 | 461 | 462 | 463 | 464 | 465 | 466 | 467 | 468 | 469 | 470 | 471 | 472 | 473 | 474 | 475 | 476 | 477 | 478 | 479 | 480 | 481 | 482 | 483 | 484 | 485 | 486 | 487 | 488 | 489 | 490 | 491 | 492 | 493 | 494 | 495 | 496 | 497 | 498 | 499 | 500 | 501 | 502 | 503 | 504 | 505 | 506 | 507 | 508 | 509 | 510 | 511 | 512 | 513 | 514 | 515 | 516 | 517 | 518 | 519 | 520 | 521 | 522 | 523 | 524 | 525 | 526 | 527 | 528 | 529 | 530 | 531 | 532 | 533 | 534 | 535 | 536 | 537 | 538 | 539 | 540 | 541 | 542 | 543 | 544 | 545 | 546 | 547 | 548 | 549 | 550 | 551 | 552 | 553 | 554 | 555 | 556 | 557 | 558 | 559 | 560 | 561 | 562 | 563 | 564 | 565 | 566 | 567 | 568 | 569 | 570 | 571 | 572 | 573 | 574 | 575 | 576 | 577 | 578 | 579 | 580 | 581 | 582 | 583 | 584 | 585 | 586 | 587 | 588 | 589 | 590 | 591 | 592 | 593 | 594 | 595 | 596 | 597 | 598 | 599 | 600 | 601 | 602 | 603 | 604 | 605 | 606 | 607 | 608 | 609 | 610 | 611 | 612 | 613 | 614 | 615 | 616 | 617 | 618 | 619 | 620 | 621 | 622 | 623 | 624 | 625 | 626 | 627 | 628 | 629 | 630 | 631 | 632 | 633 | 634 | 635 | 636 | 637 | 638 | 639 | 640 | 641 | 642 | 643 | 644 | 645 | 646 | 647 | 648 | 649 | 650 | 651 | 652 | 653 | 654 | 655 | 656 | 657 | 658 | 659 | 660 | 661 | 662 | 663 | 664 | 665 | 666 | 667 | 668 | 669 | 670 | 671 | 672 | 673 | 674 | 675 | 676 | 677 | 678 | 679 | 680 | 681 | 682 | 683 | 684 | 685 | 686 | 687 | 688 | 689 | 690 | 691 | 692 | 693 | 694 | 695 | 696 | 697 | 698 | 699 | 700 | 701 | 702 | 703 | 704 | 705 | 706 | 707 | 708 | 709 | 710 | 711 | 712 | 713 | 714 | 715 | 716 | 717 | 718 | 719 | 720 | 721 | 722 | 723 | 724 | 725 | 726 | 727 | 728 | 729 | 730 | 731 | 732 | 733 | 734 | 735 | 736 | 737 | 738 | 739 | 740 | 741 | 742 | 743 | 744 | 745 | 746 | 747 | 748 | 749 | 750 | 751 | 752 | 753 | 754 | 755 | 756 | 757 | 758 | 759 | 760 | 761 | 762 | 763 | 764 | 765 | 766 | 767 | 768 | 769 | 770 | 771 | 772 | 773 | 774 | 775 | 776 | 777 | 778 | 779 | 780 | 781 | 782 | 783 | 784 | 785 | 786 | 787 | 788 | 789 | 790 | 791 | 792 | 793 | 794 | 795 | 796 | 797 | 798 | 799 | 800 | 801 | 802 | 803 | 804 | 805 | 806 | 807 | 808 | 809 | 810 | 811 | 812 | 813 | 814 | 815 | 816 | 817 | 818 | 819 | 820 | 821 | 822 | 823 | 824 | 825 | 826 | 827 | 828 | 829 | 830 | 831 | 832 | 833 | 834 | 835 | 836 | 837 | 838 | 839 | 840 | 841 | 842 | 843 | 844 | 845 | 846 | 847 | 848 | 849 | 850 | 851 | 852 | 853 | 854 | 855 | 856 | 857 | 858 | 859 | 860 | 861 | 862 | 863 | 864 | 865 | 866 | 867 | 868 | 869 | 870 | 871 | 872 | 873 | 874 | 875 | 876 | 877 | 878 | 879 | 880 | 881 | 882 | 883 | 884 | 885 | 886 | 887 | 888 | 889 | 890 | 891 | 892 | 893 | 894 | 895 | 896 | 897 | 898 | 899 | 900 | 901 | 902 | 903 | 904 | 905 | 906 | 907 | 908 | 909 | 910 | 911 | 912 | 913 | 914 | 915 | 916 | 917 | 918 | 919 | 920 | 921 | 922 | 923 | 924 | 925 | 926 | 927 | 928 | 929 | 930 | 931 | 932 | 933 | 934 | 935 | 936 | 937 | 938 | 939 | 940 | 941 | 942 | 943 | 944 | 945 | 946 | 947 | 948 | 949 | 950 | 951 | 952 | 953 | 954 | 955 | 956 | 957 | 958 | 959 | 960 | 961 | 962 | 963 | 964 | 965 | 966 | 967 | 968 | 969 | 970 | 971 | 972 | 973 | 974 | 975 | 976 | 977 | 978 | 979 | 980 | 981 | 982 | 983 | 984 | 985 | 986 | 987 | 988 | 989 | 990 | 991 | 992 | 993 | 994 | 995 | 996 | 997 | 998 | 999 | 1000

Despertar en el futuro

Para avanzar con las ciencias a nuestros despertares, los científicos de ciencia ficción, antes de que se les ocurra inventar la máquina del tiempo, no trabajan con otro recurso que dormir a sus personajes y despertar en algún otro lugar. Así pretenden en estado vegetativo y despertar sus funciones vitales, era posible despertar en un mundo en algún lugar de espacios imaginables. Era el viaje imposible de Rip van Winkle, el relato de la Bella Durmiente.

El estado del progreso también permite pensar que, conociendo el continuo avance de la tecnología, un paciente terminal podría a sabiendas de lo que le va a pasar, haberse aprendido cómo dormir y hasta disponer a comenzar una nueva vida.

Esta última idea era mucho más pragmática que la mera utopía de la ciencia ficción, pero no dejó de interesar a los científicos, los cuales a su vez se la transformaron en una ciencia que se empezó a enseñar en cómo poner en práctica las ideas. De esta modo llegamos a tener toda una industria que se ocupa de la preservación criogénica. Gracias a ella, quienes pueden pagar por adelantado o luego los métodos que están dispuestos a haberse curado de sus lesiones, pueden congelarse hoy y esperar el día en que la ciencia esté en condiciones de restaurar su cuerpo.

H. G. Wells, quien quizá sea el padre de la ciencia ficción, fue uno de los primeros científicos que usó el recurso de dormir a personajes y despertar en el futuro. Como buen utópico, le valió para fundar sus ideas sobre la sociedad, la historia y el progreso, que no eran precisamente optimistas.

Robert A. Heinlein, un autor que podría decirse que es el autor de la ciencia ficción, volvió a hacerlo cuando escribió, y hasta se dice que se propuso congealarse a Wally. Como era previsible, los científicos que están sujetos a las pruebas, pero no dejan de dormir algunas sorpresas. Hasta pueden tenerse algunas sorpresas a la hora de restaurar miembros, propios o artificiales del futuro.

El dormimiento victoriano

H. G. Wells escribió un poco más tarde con su novela Cuarenta y dos días en el espacio (1900) que la tecnología que él era más tarde, cuando ya se había hecho popular.

Griffin, su protagonista, sufre de un terrible insomnio por culpa del estrés. Un científico lo encuentra al borde del suicidio y se le lleva a su casa. Pero en cuanto logra descansar Griffin cae en un profundo "trance catatónico", en el cual permanecerá más o menos que 250 años. Cuando despierta en el 2501 el dormimiento está en un mundo donde lo hacen prácticamente automáticamente, y lo de la tecnología incluye sistemas de cuando los científicos del mundo.

Las ciudades están llenas de edificios blancos, ordenados por puentes voladores, plataformas y corrientes aéreas. El tránsito consiste por líneas transportadoras de gran velocidad que hacen plataformas con pasajeros. La energía es de origen atómico y toda la ciudad depende de la gran potencia y la electricidad.

Sin embargo no hay forma de dormir, porque los médicos audiovisuales los han descubiertos, y se puede estar pendiente de la situación de una máquina. Pasa que cuando se despierta, se habla un idioma que apenas se parece al inglés, porque se usó por tradición, y también han cambiado las unidades de medida. Pero entonces se que entendamos un poco (pasados y

Analizar las curiosas relaciones que cabe establecer entre la historia de la Bella Durmiente, los viajes en el tiempo y la preservación criogénica es la primera de las propuestas que se plantean a los alumnos para abordar un tema que tanto juego literario ha dado en la ciencia ficción como el de los viajes en el tiempo. Asimismo, analizar las novelas que sobre estos temas escribieron H. G. Wells y Robert A. Heinlein y seleccionar también películas centradas en este tipo de viajes es otra de las propuestas que acercan la reflexión sobre el futuro desde la mirada del pasado a la hermenéutica de los géneros literarios y audiovisuales en los que ha estado presente la idea de viajar al futuro. Sobre todos esos relatos se propone que los alumnos analicen, además de las limitaciones físicas para ese tipo de viajes, los problemas lógicos que plantean y con los que han que contar (y también aprovechar) ese tipo de ficciones.

Precisamente ese juego de circunstancias temporales hace que se proponga a los alumnos una reflexión sobre los destinos preferibles para los viajes en el tiempo (no sólo en el futuro, sino también en el pasado). Analizar los momentos (y lugares) más populares en este tipo de elecciones puede suscitar consideraciones de gran interés sobre la relación con la historia y con el futuro.

Otra de las propuestas que se plantean a los alumnos es que realicen viajes en el tiempo a través de la memoria familiar. Para ello se les propone que analicen los

cambios más importantes que percibirían si pudieran regresar por un día al tiempo en que sus abuelos tenían su edad actual. El contraste entre sus descripciones y las que hacen los propios abuelos al preguntarles qué pensarían los jóvenes que fueron si de repente se plantaran en el mundo actual tiene el mayor interés, no sólo para propiciar un interesante intercambio intergeneracional, sino también para comparar percepciones sobre escenarios temporales distantes a la escala de la vida humana.

Por último, tratándose de un material que parte del análisis de las propuestas literarias sobre los viajes en el tiempo, parece oportuno tender puentes entre las dos culturas proponiendo que los alumnos imaginen sus propias historias sobre viajes en el tiempo, para las cuales se les recomienda que no sólo cuiden la pertinencia técnica y la verosimilitud científica del viaje, sino también lo que se puede revelar sobre el presente a partir de un relato que explora otros tiempos del futuro o del pasado.

1.8. Aquí se investiga el porvenir

Nick Bostrom dirige en Oxford el Instituto para el Futuro de la Humanidad, un lugar en el que un grupo de expertos en diversas disciplinas piensan sobre algunos de los retos que afrontará nuestra especie en el futuro. Por ejemplo, el de la superinteligencia, la que podría caracterizar a la segunda especie inteligente en nuestro planeta cuando el desarrollo del aprendizaje automático haga que la inteligencia artificial supere a la natural y no dependa de nosotros. Sobre ese escenario prospectivo tan inquietante escribe Elola (2016) un reportaje que sirve de base al correspondiente material didáctico que se incluye en el sexto contenedor del proyecto.⁹

132

9. Más información en: <http://ibercienciaoei.org/contenedores/pdf/6MMG219.pdf>.

Figura 8. Aquí se investiga el porvenir

ideas

EL FUTURO DE LA HUMANIDAD

AQUÍ SE INVESTIGA EL PORVENIR

por JORDI BIELLA

Un grupo de filósofos, tecnólogos y físicos analiza en el Instituto del Futuro de la Humanidad de Oxford los riesgos a los que se expone la especie humana. Al frente de ellos, Nick Bostrom, autor del libro que ha revolucionado el debate sobre la amenaza que encierra la inteligencia artificial

Nick Bostrom, filósofo sueco, es el autor del libro "Superintelligence". Para saber si las máquinas inteligentes de verdad son capaces de superar a los humanos, el autor del libro analiza la posibilidad de que una superinteligencia artificial se cree de forma autónoma a través de un ordenador. A lo largo del libro, el autor analiza la posibilidad de que una superinteligencia artificial se cree de forma autónoma a través de un ordenador. A lo largo del libro, el autor analiza la posibilidad de que una superinteligencia artificial se cree de forma autónoma a través de un ordenador.

Nick Bostrom, filósofo sueco, es el autor del libro "Superintelligence". Para saber si las máquinas inteligentes de verdad son capaces de superar a los humanos, el autor del libro analiza la posibilidad de que una superinteligencia artificial se cree de forma autónoma a través de un ordenador. A lo largo del libro, el autor analiza la posibilidad de que una superinteligencia artificial se cree de forma autónoma a través de un ordenador.



EL PAÍS, Domingo 10 de febrero de 2013

América reacciona, misteriosos modificaciones, arenas heladas, fruta de la nanotecnología... Los escenarios de la extinción de la especie, a su vez

En el momento en que se preparan estas líneas, los investigadores del futuro de la humanidad están en Oxford, en el Instituto del Futuro de la Humanidad. Allí se reúnen los filósofos, tecnólogos y físicos que forman parte del equipo de Nick Bostrom, autor del libro que ha revolucionado el debate sobre la amenaza que encierra la inteligencia artificial.

La gente parece olvidar la guerra nuclear. Un cambio para mal en la geopolítica podría ser un peligro

El futuro de la humanidad depende de si los humanos somos capaces de crear una superinteligencia artificial que nos supere. Si lo hacemos, el mundo cambiará para siempre. Si no lo hacemos, el mundo seguirá igual. Pero si lo hacemos, el mundo cambiará para siempre. Si lo hacemos, el mundo cambiará para siempre. Si lo hacemos, el mundo cambiará para siempre.

La resurrección de los neandertales a partir de técnicas de ingeniería genética parecía hasta hace poco la única posibilidad de que la nuestra pudiera vérselas en el futuro con una segunda especie inteligente en el planeta. Sin embargo, los estudios del equipo de Nick Bostrom sugieren un escenario en el que la inteligencia humana quizá tenga que enfrentarse a la posible aparición de una superinteligencia artificial completamente independiente de la nuestra que (a la manera de los sistemas operativos posthumanos que han hecho tan interesantes películas como *2001: Una odisea del espacio* de Stanley Kubrick, *Matrix* de los hermanos Wachowski o *Her* de Spike Jonze) pudiera emerger planteando problemas mucho más complejos que los de una posible convivencia con neandertales. Ese escenario enfrentaría a nuestra especie con el desafío de decidir qué hace con su lámpara de Aladino tecnológica y si es buena idea liberar a ese genio superinteligente que, una vez creado, ya no retornará a ella.

Prospectiva, distopía, transhumanismo y superinteligencia son algunos de los términos relacionados con el interesante reportaje de Elola sobre los que se sugiere a los alumnos hacer unas primeras indagaciones conceptuales. Tras ellas, el visionado de la charla TED de Nick Bostrom resultará muy sugerente para despertar las primeras reflexiones compartidas en el aula sobre un tema tan perturbador y significativo como la posibilidad de una superinteligencia no humana en las próximas décadas. El análisis de películas como las citadas anteriormente, la indagación

histórica sobre las actitudes de los luditas ingleses de hace dos siglos y su relación con las actitudes tecnóforas que eventualmente surgirían ante un escenario así, son otras de las actividades que se propone a los alumnos en este material didáctico. Como también la discusión sobre la conveniencia de que existan equipos de investigación tan ambiciosos como el de Nick Bostrom o las distintas apreciaciones que los alumnos pueden hacer en relación con los escenarios prospectivos relacionados con la inteligencia artificial y el futuro de la humanidad que se plantean en las diez frases de la quiniela valorativa que también incluye este material.

Tabla 7. Quiniela sobre el futuro de la humanidad

1. A finales de este siglo seguramente habrá máquinas tan inteligentes como los humanos.	1	X	2
2. Cuando la Inteligencia Artificial llegue a desarrollar máquinas capaces de aprender por sí solas habrá dos especies inteligentes en el planeta.	1	X	2
3. Sería deseable que los automóviles inteligentes estuvieran programados para que, en caso de accidente, tomaran decisiones que causaran el menor número de muertes.	1	X	2
4. Me compraría un automóvil que, en caso de accidente con otro en el que viajaran más personas, optara por salvar la vida de ellos en lugar de la mía.	1	X	2
5. La inteligencia humana siempre toma las mejores decisiones desde un punto de vista ético.	1	X	2
6. La Inteligencia Artificial podría llegar a tener en cuenta más variables en sus decisiones que las que es capaz de considerar la inteligencia humana.	1	X	2
7. En el desarrollo de la Inteligencia Artificial, todo lo que puede hacerse debe hacerse.	1	X	2
8. El mundo es mejor desde que los ejércitos disponen de drones.	1	X	2
9. Los seres humanos siempre han controlado y controlarán los efectos de la tecnología.	1	X	2
10. Los seres humanos han sido y serán siempre más peligrosos que las máquinas.	1	X	2

1: De acuerdo X: En duda 2: En desacuerdo

1.9. ¿Qué estudiarán los bebés de hoy?

¿Cuáles serán las profesiones del futuro? ¿Qué tipo de formación requerirán? ¿Seguirá siendo muy importante cuánto se sabe o lo será más bien cómo se utiliza lo que se sabe y qué disposición se tiene para aprender lo que se ignora? ¿Qué importancia tendrán la creatividad y la flexibilidad para el desempeño de las profesiones del futuro? Ese tipo de cuestiones son las que se plantean en el reportaje de García Vega (2014) que sirve de base a este material didáctico del contenedor séptimo en el que también se incluyen afirmaciones tan llamativas como que un 70%

de los bebés actuales trabajarán en profesiones que todavía no existen.¹⁰ Si eso es así, su educación tiene que ser muy distinta a la caracterizada a aquellos los tiempos en los que la mejor formación para el futuro era la que se había consolidado en el pasado.

Figura 9. ¿Qué estudiarán los bebés de hoy?



¿Qué estudiarán los bebés de hoy?

Gestor del caos, sastre de nanotéjidos... trabajos que aún no existen pero usan las matemáticas y la imaginación, los elementos que construyen los empleos del futuro

MIAMI. JOHN HARVEY WEA*

La idea de la educación del futuro debe ser una educación que prepare a los niños para un mundo que aún no existe. El futuro no es una línea recta, es un camino que se va creando a medida que vamos avanzando. Los niños deben aprender a pensar, a crear, a imaginar, a resolver problemas que aún no se han inventado. La educación debe ser una educación que prepare a los niños para un mundo que aún no existe. El futuro no es una línea recta, es un camino que se va creando a medida que vamos avanzando. Los niños deben aprender a pensar, a crear, a imaginar, a resolver problemas que aún no se han inventado.

El futuro no es una línea recta, es un camino que se va creando a medida que vamos avanzando. Los niños deben aprender a pensar, a crear, a imaginar, a resolver problemas que aún no se han inventado. La educación debe ser una educación que prepare a los niños para un mundo que aún no existe. El futuro no es una línea recta, es un camino que se va creando a medida que vamos avanzando. Los niños deben aprender a pensar, a crear, a imaginar, a resolver problemas que aún no se han inventado.



Ni siquiera la tecnología se va a garantizar de hallar profesión

El futuro no es una línea recta, es un camino que se va creando a medida que vamos avanzando. Los niños deben aprender a pensar, a crear, a imaginar, a resolver problemas que aún no se han inventado. La educación debe ser una educación que prepare a los niños para un mundo que aún no existe. El futuro no es una línea recta, es un camino que se va creando a medida que vamos avanzando. Los niños deben aprender a pensar, a crear, a imaginar, a resolver problemas que aún no se han inventado.

Lo fundamental no será cuánto se sabe, sino cómo se utiliza

El futuro no es una línea recta, es un camino que se va creando a medida que vamos avanzando. Los niños deben aprender a pensar, a crear, a imaginar, a resolver problemas que aún no se han inventado. La educación debe ser una educación que prepare a los niños para un mundo que aún no existe. El futuro no es una línea recta, es un camino que se va creando a medida que vamos avanzando. Los niños deben aprender a pensar, a crear, a imaginar, a resolver problemas que aún no se han inventado.

Nuestros sistemas educativos tienen una inercia tradicional que hace que su configuración se explique más por las herencias que reciben del pasado que por las innovaciones que incorporan para anticiparse al futuro. Y no está de más que sobre estos temas reflexionen también sus protagonistas: los propios alumnos que a partir de propuestas didácticas orientadas hacia el futuro piensan sobre él y se preparan para él.

¿Qué profesiones actuales no existían hace treinta o cuarenta años? ¿Qué profesiones se pensaba entonces que serían las que más futuro tendrían? Cotejar ambas listas con la colaboración de padres y abuelos que pueden hacer memoria para responder a esas cuestiones es una buena forma de entender la dificultad que entraña anticipar el futuro profesional. Esa es una de las primeras de las actividades

10. Más información en: <http://ibercienciaoei.org/contenedores/pdf/7MMG207.pdf>.

que se proponen en este material. Junto a la fuente directa de la memoria personal, se propone también indagar en los informes de los servicios nacionales de estadística para analizar cuáles son las profesiones que generan más empleo en el presente y valorar cuál puede ser su futuro a la vista del modo en que el cambio tecnológico puede afectar a cada una de ellas.

También la contraposición entre una formación inicial flexible o especializada puede ser un buen motivo para iniciar una reflexión entre los alumnos que pudiera tomar la forma de un decálogo en la forma de carta con consejos (a un bebé recién nacido, a sus padres o al propio ministro de educación del país) que pudieran ser útiles para orientar las decisiones que le permitirían llegar a tener una educación óptima, una profesión grata y una vida feliz.

En la medida en que estas actividades que tienen que ver con la formación y la orientación educativa y profesional pueden ser especialmente relevantes para los adolescentes, entre las actividades de este material didáctico se les ofrece también una pequeña guía para valorar diversos elementos importantes en las decisiones que han de tomar en relación con su futuro personal. Para ello es especialmente útil una batería de aspectos a valorar sobre la profesión que les gustaría ejercer en el futuro y sobre los estudios que les gustaría cursar. Las dos tablas siguientes, en las que cada alumno ha de valorar de 1 a 10 la importancia que concede a cada aspecto, pueden ser interesantes en este sentido y propiciar interesantes diálogos en el aula y con la propia familia.

Tabla 8. ¿Qué profesión te gustaría ejercer en el futuro?

1	Una parecida a la de mis padres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Una que esté muy bien remunerada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	Una en la que tenga mucho tiempo libre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Una que responda a mi vocación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	Una que tengo pensada desde que era niño	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	Una en la que pueda mandar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7	Una en la que no tenga que obedecer	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	Una que sea muy creativa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	Una relacionada con la investigación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Una que tenga rutinas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	Una que sea útil a la sociedad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Una relacionada con el medio ambiente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	Una relacionada con la tecnología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	Una relacionada con la justicia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	Una relacionada con la ciencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16	Una relacionada con el arte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	Una relacionada con las humanidades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18	Una para la que no tenga que estudiar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19	Una para toda la vida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	Una en la que pueda vestir bien	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	Una que me recomiende un test de orientación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	Una que me recomienden mis profesores	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23	Una que agrade a mis padres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24	Una que agradecería a mis hijos en el futuro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	Una de la que no me arrepienta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Tabla 9. ¿Qué carrera universitaria te gustaría cursar?

1 Una relacionada con la profesión de mis padres	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2 Una que también estudien alguno de mis amigos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3 Una que tenga buenas salidas profesionales	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4 Una que responda a mi vocación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 Una que tengo pensada desde que era niño	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6 Una con contenidos que me gusten	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7 Una que requiera cierto nivel en matemáticas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8 Una adecuada a la tenacidad que he tenido hasta ahora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9 Una adecuada a la tenacidad que tendré a partir de ahora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10 Una que sea poco elegida	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11 Una que sea útil a la sociedad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12 Una relacionada con el medio ambiente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13 Una relacionada con la tecnología	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14 Una relacionada con la justicia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15 Una relacionada con la ciencia	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
16 Una relacionada con el arte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17 Una relacionada con las humanidades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
18 Una que pueda estudiar cerca de mi casa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
19 Una que se estudie en una ciudad lejana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20 Una compatible con otras actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21 Una que me recomiende un test de orientación vocacional	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22 Una que sea corta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23 Una que me permita hacer posgrados interesantes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24 Una relacionada con las asignaturas que me han gustado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25 Me gustaría estudiar dos carreras a la vez	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

138

A partir de las valoraciones que los alumnos hacen en las tablas anteriores cabe plantear un debate en el aula en el que, además del tutor, podría estar presente el orientador escolar, y en cuya preparación se podrían tener en cuenta las siguientes indicaciones en relación con los resultados de las valoraciones anteriores en cada una de las dos tablas.

- Seleccionar los cinco o seis aspectos que han tenido valoraciones más altas.
- Seleccionar los cinco o seis aspectos que han tenido valoraciones más bajas.
- Pedir que, con independencia de las valoraciones hechas, cada cual señale los cinco o seis aspectos que le parecen más importantes para tomar ese tipo de decisiones.
- Hacer lo mismo con los cinco o seis aspectos que parecen más controvertidos.
- Recabar la opinión de los padres acerca de los cinco o seis aspectos sobre los que, a su juicio, merecería la pena debatir.
- Recabar la opinión de profesores, tutores u orientadores sobre los cinco o seis aspectos que deberían ser considerados.

g) Añadir otros aspectos no recogidos entre los cincuenta de las dos tablas anteriores.

Las propuestas de actividades incluyen también la sugerencia de intentar consensuar una serie de recomendaciones que quizá deberían tenerse en cuenta cuando se toman decisiones tan importantes como las que afectan a la formación y al futuro profesional.

1.10. La ciencia y la vida según Oliver Sacks

Dos artículos testamentarios de Oliver Sacks, el neurólogo, el divulgador científico y el amante de la vida. En uno, la tabla periódica le sirve de metáfora para describir sus últimos años de vida. En el otro encuentra en Hume el tono adecuado para su despedida. Junto a ellos, un reportaje sobre su vida en el momento de su muerte y también dos artículos de opinión sobre su legado: uno desde las ciencia y otro desde las letras. Tales son los textos de Javier Sampedro (2015), de Juan José Millás (2015), de Guillermo Altares (2015) y del propio Oliver Sacks (2015), de los que consta este documento periodístico que sirve de base para otro de los materiales didácticos del séptimo contenedor de este proyecto.¹¹

Figura 10. Mi tabla periódica



11. Más información en: <http://ibercienciaoei.org/contenedores/pdf/7MMG220.pdf>.

Es bien sabido el estímulo que supone el conocimiento de las trayectorias biográficas singulares y la influencia que pueden llegar a tener algunas vidas ejemplares en la forja del carácter de los jóvenes. En este caso, la figura de Oliver Sacks (un científico de letras y a la vez como un intelectual de ciencias) resulta particularmente oportuna para mostrar a los alumnos un modelo de futuro biográfico estrechamente relacionado con la cultura científica.

Una reflexión sobre las edades relevantes de la vida al hilo del comentario del texto de Sacks, “Mi tabla periódica”, es una de las actividades que se proponen a los alumnos tras la lectura de ese interesante documento. También se les sugiere comparar el otro texto suyo, “De mi propia vida”, con el original del filósofo David Hume, con el que compartió el título y la circunstancia vital en que ambos textos fueron escritos. Al hilo de esa comparación se les propone también redactar un documento análogo que pudiera glosar el carácter y la trayectoria biográfica de alguna persona digna de aprecio que bien podría ser el propio alumno imaginándose en un futuro lejano al otro lado de una trayectoria vital y profesional que todavía no ha iniciado. Por último, como en muchos otros materiales del proyecto *Contenedores*, también se incluye en este una quiniela valorativa sobre el valor para una idea integral de la cultura científica de trayectorias biográficas como la de Oliver Sacks.

Tabla 10. Quiniela sobre los científicos de letras

140

1. Para los científicos las matemáticas son mucho más importantes que la literatura.	1	X	2
2. Para los científicos las matemáticas deben ser mucho más importantes que la literatura.	1	X	2
3. Alguien de ciencias tiene fácil acercarse al mundo de las letras.	1	X	2
4. Alguien de letras tiene fácil acercarse al mundo de las ciencias.	1	X	2
5. Un científico que estudia historias clínicas tiene que tener algunas cualidades propias de los literatos.	1	X	2
6. Personas como Oliver Sacks a quien le interesaban tanto los fenómenos naturales como la naturaleza humana son muy infrecuentes.	1	X	2
7. Personas como Oliver Sacks a quien le interesaban tanto los fenómenos naturales como la naturaleza humana son muy necesarias.	1	X	2
8. La forma en que actualmente se enseñan las ciencias y las letras promueve que se desarrollen personalidades como la de Oliver Sacks.	1	X	2
9. La tabla periódica no tiene nada que ver con la vida humana.	1	X	2
10. Sería deseable que todos los científicos pudieran reflexionar sobre su trabajo y sobre su vida como lo hacía Oliver Sacks.	1	X	2

1: De acuerdo X: En duda 2: En desacuerdo

2. Cultivando la “nostalgia del futuro” en las aulas

Eduardo Galeano acuñó esa feliz expresión para explicar la pasión creadora de Oscar Niemeyer, un arquitecto que hizo algo más bello este mundo. Esa misma “nostalgia del futuro” es la que alentó la pasión intelectual de Oliver Sacks, como él mismo reconocía en los textos testamentarios que sirven de base al último de los materiales didácticos sobre prospectiva que se han presentado aquí. Cultivar la nostalgia del futuro en las aulas es cultivar la ilusión por la cultura científica en los alumnos, esos jóvenes que tienen la enorme ventaja de tener mucho más futuro que pasado y la posibilidad aun de imaginarlo de un modo tal que, como Sacks o Niemeyer, puedan tener buenos recuerdos del futuro dentro de muchos años.

El hilo conductor del futuro es sólo uno de los muchos posibles en los centenares de materiales didácticos que configuran el proyecto *Contenedores*. De hecho, los diez que se han presentado aquí son sólo algunos de los muchos que aparecen cuando se seleccionan las palabras clave “futuro”, “prospectiva” o “ciencia” en su espacio web. Otras palabras clave, o simplemente la presentación temática de esos siete contenedores, darían lugar a selecciones muy distintas (también desde el punto de vista metodológico, porque la web también cuenta con una herramienta de selección por énfasis didácticos). Ésa es, precisamente, una de las posibles virtudes de este proyecto. Que se trata de un modelo para armar. De un *puzzle* con numerosísimas variantes de configuración que, por tanto, se aleja notoriamente de esa disciplina de las disciplinas que, desde currículos férreamente estructurados, intenta imponer a los docentes a los alumnos una única manera de enseñar y de aprender. *Contenedores* es, en este sentido, un proyecto muy disonante con esas lógicas que entienden el currículo de manera rígida y vertical. En consonancia con la manera dialógica y participativa de entender la cultura científica que caracterizan a este proyecto, también su modo de difusión entre sus potenciales usuarios (los docentes y los alumnos que lo adaptan y lo hacen suyo en su propio contexto) tiene esa sencillez, apertura y flexibilidad que caracterizan el modo en que se ha diseñado cada uno de los materiales didácticos y su presentación en su espacio web.

141

Promover actividades participativas en relación con la cultura científica en las que sea posible el desarrollo de investigaciones conceptuales, empíricas y creativas en relación con multitud de ámbitos relacionados con la cultura científica, es el propósito de un proyecto que desde 2009 ha puesto a disposición de los docentes iberoamericanos un enorme caudal de recursos didácticos en estrecha sinergia con la difusión de la cultura científica través de los medios de comunicación periodísticos.

En unos tiempos en los en que aquel “nadie entre aquí sin saber matemáticas” platónico parece ser el requisito normativo que algunos quisieran imponer a cualquier trayectoria profesional relacionada con la ciencia y la tecnología, y a cualquier interés ciudadano por acercarse a la cultura científica, resulta más necesario defender la creatividad y la innovación como señas de identidad diferenciales de una educación para la cultura científica que propicien la aparición de vocaciones científicas en los futuros profesionales y de interés por la ciencia en los ciudadanos. En este sentido, el proyecto *Contenedores* comparte esa voluntad de partir de los intereses de los alumnos, de ayudar a orientarlos y de favorecer esa saludable “nostalgia del futuro” de la que hablaba Galeano.

Bibliografía

ALTARES, G. (2015): "Oliver Sacks, explorador de la mente", *El País*, 31 de agosto.

CALDERÓN, V. (2009): "¿Somos demasiados?", *El País*, 6 de noviembre.

CAPANA, P. (2013): "Despertar en el futuro", *Página 12*, 1 de junio.

CRIADO, M. A. (2010): "La red nos hace más listos", *Público*, 5 de marzo.

VON DÄNIKEN, E. (1968): *Recuerdos del futuro*, Barcelona, Plaza y Janés.

DÍAZ DE TUESTA, M. J. (2009): "Cómo se construye la vivienda del futuro", *El País-Babelia*, 24 de octubre.

ELOLA, J. (2016): "Aquí se investiga el porvenir", *El País*, 14 de febrero.

FERNÁNDEZ ENGUITA, M. (2016): *La educación en la encrucijada*, Madrid, Fundación Santillana.

GARCÍA VEGA, M. A. (2014): "¿Qué estudiarán los bebés de hoy?", *El País*, 28 de diciembre.

GALEANO, E. (2011): *Los hijos de los días*, Madrid, Siglo XXI.

NAUGHTON, K. (2015): "¿Debería decidir un coche sin conductor quién vive y quién muere?", *El País*, 1 de julio.

MARTÍN GORDILLO, M. y OSORIO, C. (2012): "Comunidad de Educadores Iberoamericanos para la Cultura Científica. Una red para la innovación", *Revista Iberoamericana de Educación*, nº 58, pp. 193-218.

MEDIAVILLA, D. (2012): "Las turbinas eólicas pueden proporcionar toda la energía necesaria en el mundo", *Materia*, 10 de septiembre.

MILLÁS, J. J. (2015): "La ceguera como don", *El País*, 31 de agosto.

ORTEGA Y GASSET, J. (1939): "Meditación de la técnica", *Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*, Madrid, Alianza Editorial.

RUIZ DE ELVIRA, M. (2010): "12 acontecimientos que cambiarían el mundo", *El País*, 22 de mayo.

SACKS, O. (2015): "Mi tabla periódica", *El País*, 31 de agosto.

SACKS, O. (2015): "De mi propia vida", *El País*, 31 de agosto.

SAMPEDRO, J. (2015): "Un científico de letras", *El País*, 31 de agosto.

Educação em Ciências e Matemática com Orientação CTS Promotora do Pensamento Crítico

Educación en ciencias y matemática con orientación CTS para promover el pensamiento crítico

Science And Math Education With A STS Orientation: Promoting Critical Thinking

Celina Tenreiro-Vieira e Rui Marques Vieira *

As sociedades atuais, em particular as ocidentais, são profundamente marcadas pelos avanços da ciência e da tecnologia e seus impactos em todas as esferas da vida quotidiana. A educação em ciências enformada numa orientação CTS, visando o pensamento crítico, e potenciadora do estabelecer de conexões com outras áreas como a matemática, afigura-se basilar na formação de cada indivíduo de modo a ser capaz de tomar parte informada nas decisões e cursos de ação que afetam o seu bem-estar e o bem-estar da sociedade como um todo. Neste quadro, o estudo que se apresenta teve como finalidade desenvolver atividades de aprendizagem de ciências com orientação CTS, potenciando a promoção de capacidades de pensamento crítico e o estabelecimento de conexões com a matemática. O estudo segue um plano de investigação-ação por se ter considerado ser o mais viável e coerente para focar as questões do currículo em ação, as quais no presente estudo, se configuraram como sendo centrais à conceção, produção, implementação e avaliação das atividades de aprendizagem desenvolvidas. No decurso da implementação das atividades recolheram-se dados recorrendo a diferentes instrumentos e técnicas, que foram, posteriormente, sujeitos a uma análise de conteúdo. Os resultados obtidos sugerem que as atividades desenvolvidas contribuíram para a mobilização de capacidades de pensamento crítico dos alunos. O referencial teórico usado configura-se, pois, como uma ajuda relevante para fundamentar e explicitamente desenvolver as atividades de aprendizagem propostas, capazes de suportar práticas de ensino das ciências mais consonantes com a melhoria da literacia científica dos alunos.

143

Palavras-chave: orientação CTS, pensamento crítico, literacia científica, conexões das ciências com a matemática

* Centro de Investigação Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Universidade de Aveiro, Departamento de Educação e Psicologia, Aveiro, Portugal. Email: cvieira@ua.pt e rvieira@ua.pt.

Las sociedades actuales, en particular las occidentales, están profundamente marcadas por los avances en la ciencia y la tecnología y su impacto en todos los ámbitos de la vida cotidiana. Con el objetivo de promover el pensamiento crítico y potenciar sus conexiones con las matemáticas, la enseñanza de ciencias con una orientación CTS es fundamental en la formación de individuos capaces de tomar decisiones informadas para obtener bienestar para ellos y para la sociedad en su conjunto. En este contexto, este artículo tiene como propósito desarrollar actividades de aprendizaje de ciencias con orientación CTS, la mejora de la promoción de la capacidad de pensamiento crítico y el establecimiento de conexiones con las matemáticas. El estudio sigue un plan de investigación-acción, ya que se considera que es el más viable y coherente para enfocar la atención en temas curriculares, que en este estudio se han configurado como centrales para el diseño, producción, aplicación y evaluación de las actividades de aprendizaje desarrolladas. Se recolectaron datos utilizando diferentes herramientas y técnicas; esos datos fueron posteriormente sometidos a un análisis de contenido. Los resultados sugieren que las actividades han contribuido a la movilización de las habilidades de pensamiento crítico de los estudiantes. El marco teórico utilizado parece ser una ayuda para apoyar y desarrollar actividades de aprendizaje para mejorar el pensamiento crítico de los estudiantes.

Palabras clave: orientación CTS, el pensamiento crítico, la formación científica, las conexiones entre la ciencia y las matemáticas

Modern societies, particularly western ones, are deeply marked by advances in science and technology and their impact in all areas of life. Science education with a STS orientation, aimed at promoting students' critical thinking and the establishment of connections with other areas such as mathematics, is fundamental to help individuals to make informed decisions and improve their well-being, and their society's well-being as well. In this context, this paper aims to develop science learning activities with a STS orientation, enhancing the promotion of critical thinking and the establishment of connections between science and mathematics. It follows an action-research plan that was considered to be the most viable and coherent one to focus on curriculum issues in action, which in this paper were configured as central to the design, production, implementation and evaluation of learning activities. During their implementation, the data was collected through different techniques and the use of various tools; it was also subjected to a process of content analysis. The results obtained suggest that the activities that were carried out contributed to the mobilization of students' critical thinking abilities. The theoretical framework that was used seemed to be a significant help to support and explicitly develop learning activities in order to support science teaching practices and improve students' critical thinking.

Key words: STS orientation, critical thinking, scientific literacy, connections between science and mathematics

Introdução

Nas atuais sociedades, profundamente marcadas pela rápida evolução da ciência e da tecnologia, é inquestionável a importância de uma educação em ciências e matemática capaz de ajudar todos os alunos a pensarem por si próprios, a alcançarem uma participação esclarecida e racional nos diferentes contextos de vida, incluindo o intervir na resolução de problemas de âmbito local, regional, nacional e mesmo mundial. Nesta ótica, o pensamento crítico emerge como proeminente e estreitamente ligado ao envolvimento informado e racional com questões ou problemas globais, socialmente relevantes, que abarcam a ciência e a tecnologia. Neste contexto, é não só crucial o uso de conhecimento conceptual relevante, bem como de capacidades de pensamento crítico, nomeadamente para comparar e avaliar vantagens e desvantagens de opções disponíveis.

A construção de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de capacidades de pensamento e de atitudes a propósito da abordagem de problemas sociais que envolvem a ciência e a tecnologia tem-se afirmado como central na educação em ciências com orientação CTS. Igualmente central é a valorização do quotidiano para um ensino contextualizado da ciência, visando a construção de saberes úteis e utilizáveis em diferentes contextos da vida. Decorrente disso, a orientação CTS tem-se afirmado como linha de força no desenvolvimento de currículos de ciências, em diversos países, almejando-se a sua transposição para o currículo implementado em sala de aula.

Neste quadro, o estudo que se apresenta, teve a finalidade de desenvolver (conceber, produzir, implementar e avaliar) atividades de aprendizagem de ciências com orientação CTS, potenciando a promoção de capacidades de pensamento crítico e o estabelecimento de conexões das ciências com a matemática. Procurou-se responder à questão de investigação: Qual o impacto das atividades desenvolvidas na mobilização de capacidades de pensamento crítico dos alunos envolvidos no estudo?

145

1. Contextualização teórica

A literacia científica para todos tem-se configurado como meta central nos currículos de disciplinas de ciências. Relewa-se uma educação em ciências capaz de ajudar todos os alunos a pensarem por si próprios, a enfrentarem a vida e a alcançarem uma participação esclarecida e racional numa sociedade democrática. Neste quadro, têm sido desenvolvidos esforços compartilhados no sentido de explicitar e clarificar o significado atribuído à expressão literacia científica, ressaltando características e atributos da pessoa com literacia científica.

Vários investigadores em educação em ciências têm teorizado que a literacia científica engloba uma combinação de capacidades, disposições e conhecimentos necessários para cada um se envolver em debates sobre questões socialmente relevantes e que abarcam saberes da área das ciências e da tecnologia (Yore, Pimm e Tuan, 2007; Yore, 2012). Com base no trabalho de Yore e colaboradores, Lin (2014)

identificou três dimensões interatuantes nesta visão de literacia científica: (a) a literacia fundamental em ciências, que inclui metacognição, pensamento crítico, hábitos da mente, linguagem e tecnologias de informação e comunicação), (b) a compreensão das grandes ideias (ideias centrais, conceitos transversais, natureza do empreendimento e da investigação em ciências, *design* tecnológico) e (c) uma maior participação no debate público sobre questões que envolvem saberes da área das ciências e que são relevantes para o indivíduo e para a sociedade como um todo. Assim sendo, importa que as decisões sobre tais questões sejam informadas e racionais, por oposição às que são baseadas no senso comum e/ou em razões arbitrárias, e que resultem em ações sustentáveis a nível local, nacional e internacional para que todos, gerações atuais e vindouras, possam ter vidas produtivas e gozar de qualidade de vida (Halpern, 1996; Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins, 2011).

Como salienta Harlen (2010), tomar parte informada nas decisões e cursos de ação que afetam o seu bem-estar de cada um e o bem-estar da sociedade como um todo, implica uma ampla compreensão de ideias chave da Ciência em conjugação com o desenvolvimento de capacidades e de atitudes científicas. Nesta ótica, o pensamento crítico e a orientação CTS emergem como proeminente e estreitamente ligado à literacia científica, integrada em correntes como “ciência para todos”, “alfabetismo científico crítico” e “literacia científica” (Tenreiro-Vieira, Vieira, e Martins, 2011). De facto, a participação, enquanto cidadãos ativos e agentes de coesão social, numa sociedade democrática plural, científica e tecnologicamente avançada, exige mais do que ser capaz de levar a cabo tarefas impostas externamente; também requer ser capaz de extrapolar a partir do que se aprendeu e aplicar conhecimento construído e capacidades de pensamento para interatuar com os outros, comunicando posições e (contra)-argumentos de forma eficaz, e para participar nos processos de resolução de problemas e de tomada de posição sobre questões ou assuntos socialmente relevantes que envolvem a ciência e a tecnologia.

Como sustentam Ennis e Norris (1989), o PC envolve a resolução de problemas e a tomada de decisão, pois este tipo de pensamento ocorre num contexto de resolução de problemas, sendo que muitos deles que envolvem a Ciência e a Tecnologia e/ou num contexto de interação com os outros, a fim de decidir, racionalmente, o que fazer ou em que acreditar. Nesta linha, Cottrell (2005) defende que o pensamento crítico compreende a análise e avaliação de informação divulgada e dos argumentos apresentados em relatórios e em meios de comunicação.

A orientação CTS para o ensino das ciências advoga a (re)construção de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de atitudes e de capacidades de pensamento, incluindo de pensamento crítico, no contexto da abordagem de assuntos e da resolução de problemas sociais que envolvem a ciência e a tecnologia. Assim sendo, potencia o criar de condições para que tais aprendizagens se tornem úteis no dia-a-dia, não numa perspetiva meramente instrumental mas sim numa perspetiva de ação, tendo em consideração preocupações atuais de desenvolvimento sustentável (Tenreiro-Vieira e Vieira, 2005).

Seguindo de perto o registo de Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011) numa orientação CTS/PC na educação em ciências destacam-se alguns elementos distintivos. Um deles prende-se com o valorizar situações reais para um ensino contextualizado da ciência, enfatizando as interações com a tecnologia e a sociedade, capaz de viabilizar a eficaz mobilização de conhecimentos, atitudes e capacidades como as de PC ligadas à tomada de decisão e à resolução de situações-problema sociais com uma componente científico-tecnológica. Outro elemento tem a ver com o abordar os problemas, situações ou questões num contexto interdisciplinar e no contexto de perspetivas pessoais e sociais; muitos dos problemas de relevância social que envolvem a ciência e a tecnologia requerem a recolha de informação a partir de diferentes disciplinas, com vista a conciliar as análises fragmentadas que as visões analíticas dos saberes disciplinares fomentam e fundamentam. Um pensamento interdisciplinar e globalizante é fundamental para a compreensão do mundo na sua globalidade e complexidade (Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins, 2011).

Decorrente do exposto, releva-se a importância de um ensino contextualizado das ciências, estabelecendo conexões com a matemática, pois que a ligação entre ambas não é apenas de conteúdo, mas também em relação a processos e capacidades de pensamento (*National Council of Teachers of Mathematics*, 2007). Como salienta a *National Academy of Sciences* (1996), a ciência pressupõe o uso da matemática na recolha e tratamento de dados e no pensamento implicado na construção de conceitos, leis e teorias. Além disso, o estabelecimento destas conexões permite que os alunos possam começar a utilizar ferramentas de análise e organização de dados recolhidos, por exemplo, no contexto de uma investigação científica. Concomitantemente e como referem Bossé e outros (2010), uma aprendizagem contextualizada que favorece o estabelecer de conexões entre ciências e matemática pode favorecer o desenvolvimento de atitudes mais positivas, o envolvimento e o gosto pela aprendizagem e a motivação para estas áreas, sendo que tal favorece o sucesso escolar dos alunos. Potenciar conexões entre as ciências e a matemática e entre estas e a tecnologia pode ser conseguido a partir do desenvolvimento de propostas didáticas que proporcionem um papel ativo do aluno no desenvolvimento dos seus conhecimentos, capacidades e atitudes destas áreas do saber (Nogueira, Tenreiro-Vieira e Cabrita, 2010).

147

2. Metodologia

O estudo segue um plano de investigação-ação por se ter considerado ser o mais viável e coerente para focar as questões do currículo em ação, as quais no presente estudo, se configuraram como sendo centrais à conceção, produção, implementação e avaliação das atividades de aprendizagem desenvolvidas. Com efeito, a investigação-ação é caracterizada por ser situacional, interventiva, participativa e auto avaliativa, tendo como propósito base a inovação e mudança (Coutinho, 2011), como a que se assume neste estudo. Neste quadro, configura-se uma via apropriada quando se pretende introduzir mudanças para a melhoria das práticas didático-pedagógicas, sendo “um processo dinâmico, interativo e aberto aos emergentes e necessários reajustes, provenientes da análise das circunstâncias e dos fenómenos em estudo” (Esteves, 2008: 82).

Na esteira do preconizado por diferentes autores, neste estudo, o plano de investigação-ação envolveu ciclos sucessivos de uma espiral contemplando como etapas centrais a planificação, a ação e observação e a reflexão (Coutinho, 2011). Assim e para cada uma das sucessivas atividades desenvolvidas, após a planificação, em conjunto pelos autores da presente comunicação, ocorreu a ação e a observação em sala de aula mediante a implementação das atividades de aprendizagem nas aulas de ciências naturais. Seguiu-se a reflexão conjunta sobre a atividade implementadas, a qual foi integrada no ciclo seguinte, conciliando análise crítica da prática e implementação da mudança em direção à melhoria almejada (Latorre, 2003; Moreira, 2001).

2.1. Contexto e participantes

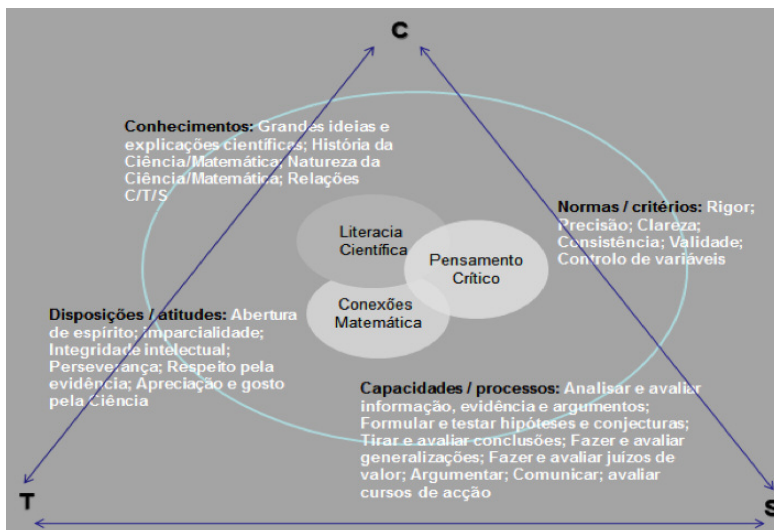
A intervenção realizada no âmbito do estudo ocorreu nas aulas da disciplina de ciências naturais de uma turma do sexto ano constituída por 26 alunos, sendo 16 raparigas e 10 rapazes, cuja idade média é de 11 anos (desvio padrão de 0,5 anos), sendo o mínimo e o máximo, respetivamente, 10 e 12 anos. A seleção desta turma, como contexto de ação, decorre do facto de o professor de ciências naturais integrar o grupo de investigação dos autores, o que viabilizava o implementar das atividades de aprendizagem respeitando princípios subjacentes à sua conceção e produção das mesmas. Concomitantemente possibilitava a recolha de dados para avaliar o impacto das mesmas na mobilização de capacidades de pensamento crítico dos referidos alunos.

148

2.2. Intervenção: desenvolvimento das atividades

Decorrente da finalidade do estudo, começou-se por estabelecer os referenciais a usar para o desenvolvimento atividades de aprendizagem de ciências com orientação CTS, potenciando a promoção de capacidades de pensamento crítico e o estabelecimento de conexões das ciências com a matemática. O quadro concetual base usado foi adaptado de Tenreiro-Vieira e Vieira (2013) e de Vieira e Tenreiro-Vieira (2014), conforme esquema as seguir apresentado.

Figura 1. Interseção de componentes comuns a literacia científica, pensamento crítico, evidenciando conexões das ciências com a matemática num contexto CTS



Este referencial inclui como vértices a sociedade (S) a ciência (C) e a tecnologia (T) para destacar a ideia de que a mobilização de conhecimentos e de capacidades de pensamento crítico assumem relevância acrescida no contexto da resolução de problemas, da tomada de decisão e posição sobre questões socialmente pertinentes que envolvem a ciência, a matemática e a tecnologia. Releva elementos comuns a literacia científica e a pensamento, estabelecendo conexões das ciências com a matemática, emergentes de referenciais e perspetivas de vários autores e organismos acerca destes conceitos. Em conjugação com este referencial e na esteira do trabalho desenvolvido pelos autores supracitados, recorreu-se à conceptualização de pensamento crítico de Ennis (1987) para explicitar o apelo a capacidade de pensamento crítico.

No desenvolvimento das atividades de aprendizagem teve-se também em consideração o enunciado nos documentos de orientação curricular, programas e metas curriculares, em vigor para o sexto ano de escolaridade de modo a potenciar a integração curricular das mesmas. Isto, decorrente de as atividades serem desenvolvidas para serem usadas no contexto das aulas de ciências naturais de uma turma do sexto ano de escolaridade.

Nesse sentido, identificaram-se domínios e subdomínios dos programas de ciências naturais e matemática a focar nas atividades e, concomitantemente, questões-problema ou situações passíveis de uma orientação CTS/LC/PC, potenciando conexões das ciências com a matemática, tendo por base os referenciais adotados e acima referidos. Depois, operacionalizaram-se as atividades de

aprendizagem, construindo o respetivo Guião, mediante a elaboração de questões que requerem mobilização de conhecimento científico e matemática e de capacidades de pensamento crítico na análise de situações, na decisão e tomada de posição racionais acerca de questões que socialmente relevantes e que envolvem a ciência, a matemática e a tecnologia.

O quadro seguinte apresenta as atividades de aprendizagem desenvolvidas, dando conta dos tópicos de ciências naturais e de matemática subjacentes a cada atividade, bem como, uma descrição dos elementos CTS/ LC/PC/ Conexões de ciências naturais com a matemática, explicitando as capacidades de PC requeridas, atendendo aos referenciais em uso. De clarificar que, na coluna com a designação tópicos é feita referência aos tópicos de ciências naturais e de matemática subjacentes às atividades, encontrando-se entre parêntesis o referente à matemática. De referir também que a numeração das atividades traduz a sequência de realização das mesmas pelos alunos.

Quadro 1. Atividades de aprendizagem, tópicos subjacentes, tipo e elementos CTS/LC/PC. Conexões de ciências naturais com a matemática

Tópicos	Tipo de atividade	Elementos CTS/ LC/PC/ Conexões de ciências naturais com matemática, explicitando as capacidades de PC requeridas
Alimentação e saúde (Representação e tratamento de dados)	A1-Análise de informação: hábitos alimentares e obesidade nos diferentes escalões etários	Analisar e interpretar informação, apresentada em gráficos, sobre hábitos alimentares e a incidência de obesidade nos diferentes escalões etários. Capacidades de PC: Identificar a questão em foco; Explicar e formular hipóteses explicativas (critérios/normas: explicar a evidencia, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível). Analisar rótulos de produtos alimentares (pacotes de cereais) e escolha do mais adequado em função de um problema de saúde (hipertensão). Apresentar, com clareza e precisão, razões válidas em suporte do juízo de valor feito, mobilizando, correta e adequadamente, conhecimento científico e matemático relevante. Analisar rótulos de produtos alimentares (pacotes de cereais) e formular e explicar hipóteses sobre qual é mais provável ser um cereal integral.
	A2- Análise de rótulos: tomada de decisão na escolha de um produto alimentar no caso de um dado problema de saúde	Capacidades de PC: Decidir uma ação e argumentar: Apresentar a tese e as razões que a sustentam; Explicar e formular hipóteses explicativas (critérios/normas: explicar a evidencia, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível).

Tópicos	Tipo de atividade	Elementos CTS/ LC/PC/ Conexões de ciências naturais com matemática, explicitando as capacidades de PC requeridas
	<p>A3- Artigo de posição: Concordas ou não com o encerramento do bar da escola durante o período de almoço?</p>	<p>Argumentar e comunicar uma posição sobre a questão em foco, relevante para a comunidade escolar, explicitando, com clareza e precisão, razões válidas em suporte do juízo de valor feito, mobilizando, correta e adequadamente, conhecimento científico e matemático relevante.</p> <p>Considerar, seriamente, razões a favor do ponto de vista oposta e refutá-las.</p> <p>Capacidades de PC: Decidir uma ação e argumentar – Apresentar a tese e as razões que a sustentam; Contra-argumentar – explicitar alternativas e refutá-las com base em razões racionais e não arbitrarias.</p>
<p>Importância das plantas, qualidade do ar e saúde (Representação e tratamento de dados)</p>	<p>B1- Análise de informação: fotossíntese e respiração nas plantas; temperatura média global</p>	<p>Analisar e interpretar informação relativa à taxa de uma planta nos processos de fotossíntese e de respiração em diferentes situações temporais (dia / noite; verão/inverno) e informação relativa à temperatura média nas décadas do século XX e XXI, apresentada sobre a forma de gráficos; identificar a questão em foco; classificar o tipo de dados em causa; identificar e apresentar razões; formular hipóteses explicativas e formular e justificar conjeturas a partir dos dados apresentados em gráficos.</p> <p>Capacidades de PC: Identificar uma questão; Explicar e formular hipóteses explicativas (critérios/normas: explicar a evidencia, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível); Formular e justificar conjeturas (critérios/normas: explicar a evidencia, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível).</p>
	<p>B2- Investigação científica: Fatores que influenciam a fotossíntese – Análise de dados de uma planta.</p>	<p>Interpretar e formular hipóteses explicativas para os resultados obtidos no contexto de uma atividade experimental sobre a influência do tipo de água na atividade fotossintética</p> <p>Capacidades de PC: Identificar uma questão; Explicar e formular hipóteses explicativas (critérios/normas: explicar a evidencia, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível).</p>
	<p>B3- Análise de informação: Índice de qualidade do ar</p>	<p>Analisar gráficos referentes à qualidade do ar em diferentes dias (meses) para uma dada região e formular e justificar conjeturas sobre a evolução da qualidade do ar na região.</p> <p>Capacidades de PC: Formular e justificar conjeturas (critérios/normas: explicar a evidencia, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível).</p>
	<p>B4- Produção de texto: Comunicação do presidente da camara aos municípios sobre medidas aplicar para a melhoria da qualidade do ar</p>	<p>Explicitar medidas a tomar para a melhoria da qualidade do ar e apresentar razões, com clareza e precisão, que sustentam a importância de tal de modo a convencer os municípios a cooperarem na sua implementação, mobilizando, correta e adequadamente, conhecimento científico e matemático relevante. Pensar no público alvo e ter isso em mente, para o persuadir.</p>

Tópicos	Tipo de atividade	Elementos CTS/ LC/PC/ Conexões de ciências naturais com matemática, explicitando as capacidades de PC requeridas
		<p>Capacidades de PC: Decidir uma ação e argumentar – Apresentar a tese e as razões que a sustentam</p>
	<p>B5- Produção de texto: Escrita a um amigo para o convencer a nunca fumar.</p>	<p>Apresentar, com clareza e precisão, razões que sustentam a importância de não fumar mobilizando, correta e adequadamente, conhecimento científico e matemático relevante. Pensar no público alvo e ter isso em mente, para o persuadir.</p> <p>Capacidades de PC: Decidir uma ação e argumentar – Apresentar a tese e as razões que a sustentam.</p>
	<p>B6- Artigo de posição: Concordas ou não a aplicação de um imposto de circulação a veículos motorizados pessoais no centro da cidade?"</p>	<p>Argumentar e comunicar uma posição sobre a questão em foco, relevante para cada um e para a comunidade como um todo, explicitando, com clareza e precisão, razões válidas em suporte do juízo de valor feito, mobilizando, correta e adequadamente, conhecimento científico e matemático relevante. Considerar, seriamente, razões a favor do ponto de vista oposta e refutá-las.</p> <p>Capacidades de PC: Decidir uma ação e argumentar – Apresentar a tese que se defende e as razões que a sustentam; Contra-argumentar – explicitar alternativas e refutá-las com base em razões racionais e não arbitrárias.</p>
<p>Reprodução no ser humano (Sequência e regularidades; proporcionalidade direta)</p>	<p>C1- Estudo de caso: Ciclo menstrual</p> <p>C2- Questionamento: Fecundação e desenvolvimento do novo ser</p>	<p>Analisar e interpretar o relato descritivo acerca do ciclo menstrual de uma pessoa. Usar a informação fornecida para responder a desafios prospetivos (datas de período fértil, ovulação e menstruação e se em determinado dia estará a ocorrer período fértil, ovulação ou menstruação).</p> <p>Capacidades de PC: Formular e justificar conjecturas (critérios/normas: explicar a evidência, ser consistente com os factos conhecidos, ser plausível); Expressar uma posição e apresentar razões que a suportam.</p> <p>Analisar e interpretar informação apresentada em diferentes formatos (texto, tabelas, gráficos e imagens ampliadas e/ou reduzidas, sendo explicitada a escala usada) e responder a questões com foco na sequência numérica, e respetiva lei de formação, correspondente à divisão celular após a fecundação; nos fenómenos de ovulação, fecundação e nidadação; e no desenvolvimento do novo ser.</p> <p>Capacidades de PC: Identificar uma questão; Expressar uma posição e apresentar razões que a suportam.</p>

Tópicos	Tipo de atividade	Elementos CTS/ LC/PC/ Conexões de ciências naturais com matemática, explicitando as capacidades de PC requeridas
	<p>C3- Investigação científica e Uso de tecnologias: Questões que podem ser respondidas com recurso a exames por ultrassom</p>	<p>Analisar e interpretar informação, em diferentes formatos, sobre tecnologias que permitem obter imagens do desenvolvimento intrauterino e ajuizar se um exame de ultrassom a uma mulher grávida permite ou não fornecer resposta para determinadas questões (exemplos: “No útero materno há mais do que um bebé?”; “De que cor são os olhos do nodo ser que se encontra no útero materno?”).</p> <p>Capacidades de PC: Expressar uma posição e apresentar razões que a suportam.</p>
	<p>C4- Artigos de opinião: As tecnologias de RMA ao longo dos tempos.</p>	<p>Analisar e interpretar informação, em diferentes formatos, sobre tecnologias de reprodução medicamente assistida (RMA) e expressar e fundamentar uma opinião sobre se há 100 anos atrás era possível recorrer a uma tecnologia de RMA; sobre as tecnologias de RMA disponíveis na atualidade.</p> <p>Capacidades de PC: Expressar uma posição e apresentar razões que a suportam.</p>
	<p>C5- Tomada de posição: Qual deve ser a opção do casal – adoção ou RMA?</p>	<p>Explicitar uma posição sobre qual deve ser a opção de um casal com problemas de infertilidade e apresentar, com clareza e precisão, razões que a sustentam, mobilizando, correta e adequadamente, conhecimento científico e matemático relevante.</p> <p>Capacidades de PC: Decidir uma ação e argumentar – Apresentar a tese que se defende e as razões que a sustentam; Contra-argumentar – explicitar alternativas e refutá-las com base em razões racionais e não arbitrarias.</p>

A implementação das atividades de aprendizagem ocorreu no contexto das aulas de ciências naturais. Assim e de acordo com a planificação elaborada, em diferentes aulas de aulas de ciências os alunos realizaram e discutiram as atividades de aprendizagem promotoras do pensamento crítico e do estabelecer de conexões entre ciências e matemática. Tais aulas foram organizadas em três momentos base: Apresentação da atividade aos alunos e entrega do respetivo guião; realização da atividade pelos alunos, respondendo, por escrito, às solicitações e questões constantes no respetivo guião; e síntese e avaliação do trabalho realizado. No decurso de tais momentos, o professor procurou potenciar o envolvimento cognitivo dos alunos mediante a formulação de questões incitativas do uso de capacidades de pensamento crítico, tais como: *Quais as palavras ou termos que precisam de clarificação quanto ao seu significado? Porquê?; Qual a tua opinião sobre [...]; O que poderá acontecer se [...]; A informação usada é válida para suportar a tese de que [...]*?

No final de cada aula, as atividades de aprendizagem foram recolhidas pelo professor como elemento integrante do processo de avaliação formativa e reguladora.

2.3. Recolha e análise de dados

Na recolha de dados recorreu-se à análise documental e à observação, enquanto técnicas (Tenbrink, 1984). Procedeu-se à análise documental das produções escritas dos alunos no âmbito da realização das atividades de aprendizagem, usando um instrumento de análise, construído para o efeito. Este inclui indicadores correspondendo cada um deles a uma capacidade de pensamento crítico a que se apela nas atividades, conforme explicitado no **Quadro 1**.

Este instrumento foi usado como uma lista de verificação assinalando-se, na produção escrita de cada aluno, a presença de mobilização da capacidade requerida para responder às solicitações e questões integrantes de cada atividade.

Com o propósito de obter informação que permitisse clarificar, aprofundar e compreender resultados obtidos, recorreu-se à técnica de observação, usando como instrumento de recolha de dados o diário do investigador (Bogdan e Biklen, 1994). Este inclui, de um modo geral, comentários acerca do que o investigador encontrou como sendo de registar (Anderson, 2000) na implementação das atividades de aprendizagem. Os registos efetuados contemplam descrições, reflexões e padrões que foram emergindo, os quais incidiram sobre reações dos alunos e interações ocorridas entre os alunos e entre estes e o professor.

154

Na análise dos dados recolhidos recorreu-se, sobretudo à análise de conteúdo, seguindo os procedimentos de análise referidos por Bardin (1991): descrição; interpretação e inferência. De um modo mais específico e tendo em consideração a definição prévia dos indicadores relativos a capacidades de pensamento crítico requeridas nas atividades de aprendizagem, em consonância com quadros de referência usados e já plasmados no instrumento de análise desenvolvido, numa primeira fase, a partir das produções dos alunos, procedeu-se à verificação da presença dos indicadores definidos nas respostas dos alunos. Para cada aluno foi construído um quadro de registo, no qual se assinalou, por questão de cada atividade, as respostas em que se evidenciou a mobilização dos conhecimentos e das capacidades em foco. Sequentemente procedeu-se à contagem das respostas que evidenciavam a mobilização dos conhecimentos e capacidades, por questão, tendo-se, em seguida, procedido ao cálculo de frequência, em percentagem, considerando o número de alunos que responderam e o número de alunos que evidenciaram terem mobilizado os conhecimentos e as capacidades requeridas nas questões integrantes de cada atividade.

Na segunda e terceira fases, foi feita a atribuição de significação dos aspetos registados na primeira fase, possibilitando inferir da mobilização de capacidades de pensamento crítico a que efetivamente se apelou. A análise dos registos descritivos e reflexivos anotados no diário do investigador fornecem elementos para ajudar a compreender e explicar os resultados obtidos relativamente à mobilização de capacidades de pensamento crítico em foco nas atividades de aprendizagem.

3. Resultados

Os resultados obtidos, decorrente da análise das produções escritas dos alunos em resposta às solicitações e questões integrantes das diferentes atividades de aprendizagem, são resumidos no quadro seguinte.

Quadro 2. Número de respostas dos alunos que evidenciam mobilização das capacidades de pensamento crítico solicitadas, por atividade

Capacidades de PC	Atividades de aprendizagem														
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	B5	B6	C1	C2	C3	C4	C5	
Identificar uma questão	18 (70)		12 (46)	14 (54)							16 (62)				
Apresentar razões para uma posição, opinião...										6 (23)	12 (46)	8 (31)	14 (54)	16 (62)	
Explicar e formular hipóteses explicativas	19 (73)	15 (58)		17 (65)	12 (46)										
Formular e justificar conjeturas				19 (73)		24 (92)				17 (65)					
Decidir uma ação e Argumentar		13 (50)	20 (77)				15 (58)	21 (81)	23 (88)						
Contra-argumentar			14 (54)							18 (69)					

Nota: Entre parêntesis encontra-se o valor em percentagem

Conforme quadro anterior, globalmente, os resultados obtidos apontam que para a generalidade das capacidades, a sua mobilização não ocorreu de forma gradual ao longo da implementação das atividades de aprendizagem em que uma dada capacidade foi requerida. Excetua-se caso da capacidade “Contra-argumentar”, a qual foi requerida no contexto de atividades de aprendizagem centradas na elaboração de um artigo de posição. Neste caso, constata-se ter havido um aumento na percentagem, da atividade A3 para a atividade B6, de respostas dos alunos que evidenciaram o uso desta capacidade. No âmbito destas mesmas atividades e no que reporta à capacidade de “decidir uma ação e Argumentar” também se observa um aumento na percentagem de respostas que evidenciam a mobilização desta capacidade de pensamento crítico. Portanto, última atividade em que os alunos foram

solicitados a escrever um artigo de posição, houve um maior número de respostas que denotaram que os alunos foram capazes de explicitar a tese que defendiam e enunciar razões válidas em suporte da mesma e de explicitar alternativas e refutá-las com base em razões racionais e não arbitrárias.

Para a capacidade de pensamento crítico “Formular e justificar conjecturas” constata-se que da primeira atividade (B1) para a segunda (B3) em que se apelou a esta capacidade, houve um maior número de respostas dos alunos a evidenciar a sua mobilização. No entanto, tal não aconteceu na terceira atividade (C1) em que foi requerida a mesma capacidade, registando-se, neste contexto, a percentagem mais baixa de respostas que denotam o uso da capacidade “Formular e justificar conjecturas”. Tendo por base a análise dos registos reflexivos feitos no diário do investigador, tal poderá decorrer do conhecimento científico e, em particular, do conhecimento matemático subjacente à atividade, relacionado com sequências e regularidades.

Tal configura-se também como explicação para a oscilação registada na percentagem de respostas dos alunos que evidenciam a mobilização da capacidade “Explicar e formular hipóteses explicativas” nas diferentes atividades em que sucessivamente a mesma foi requerida (atividades A1, A2, B1, B2). Com efeito e de acordo também com análise registos reflexivos feitos no diário do investigador, os alunos fizeram mais comentários e expressaram mais dúvidas e interrogações no contexto das atividades B1 e B2 do que no caso das atividades A1 e A2; por exemplo os alunos expressaram dúvidas e interrogações a propósito da informação apresentada na forma de gráficos de linhas nas atividades B1 e B2, sendo que tal não ocorrem no caso das primeiras atividades onde era apresentada informação na forma tabular e em gráfico de barras.

156

Para a capacidade “Apresentar razões para uma posição, opinião...” regista-se um aumento progressivo na percentagem de respostas que evidenciam a mobilização da mesma, excetuando o caso da atividade C3. Tal poderá decorrer do facto de a mesma envolver conhecimento acerca de determinadas tecnologias em conjugação com conhecimento acerca da natureza da ciência e da tecnologia.

Para a capacidade “identificar uma questão”, foi no contexto da primeira atividade (A1) em que se apelou à mesma que se registou uma percentagem mais elevada de respostas dos alunos evidenciando a sua mobilização. Uma provável explicação para tal reside no facto de haver um maior domínio dos alunos do conhecimento científico subjacente à mesma, relacionado com hábitos alimentares e implicações na saúde do ser humano. Da segunda atividade (B1) para a terceira (B2) constata-se um ligeiro aumento na percentagem de respostas dos alunos denotando a sua mobilização.

Tendo em consideração os registos reflexivos no diário do investigador é de referir comentários dos alunos, que progressivamente foram diminuindo, os quais expressam alguma admiração com o facto de as atividades envolverem conhecimento matemático. De facto, sobretudo no contexto das primeiras atividades implementadas, os alunos explicitaram comentários como “Mas, isto também é matemática”.

Conclusões

Os resultados obtidos evidenciam uma melhoria progressiva considerável no uso de várias das capacidades de pensamento crítico dos alunos a que se apelou no contexto das atividades de aprendizagem desenvolvidas. Neste âmbito, destacam-se as capacidades “Decidir uma ação e Argumentar” e “Contra-argumentar” a que se apelou, simultaneamente, no contexto da elaboração de artigos de posição a propósito de questões socialmente relevantes e que envolvem conhecimentos de científicos.

No caso de algumas capacidades de pensamento crítico a que se apelou, de que são exemplo as capacidades “Formular e justificar conjecturas” e “Explicar e formular hipóteses explicativas”, se constatou não ser gradual a percentagem de respostas dos alunos que evidenciaram a mobilização das mesmas nas sucessivas atividades em que foram requeridas. Tal poderá decorrer do conhecimento científico e matemático subjacente, pois como refere Ennis (19787) os conhecimentos são essenciais para o pensamento crítico, pois não se pode esperar que alguém que seja ignorante num assunto, seja bom a fazer juízos de valor ou a formular hipóteses explicativas.

Decorrente dos resultados obtidos, o referencial usado configura-se como uma ajuda relevante, porquanto eficaz e fundamentada, no desenvolvimento de atividades de aprendizagem numa perspetiva de promoção da literacia científica dos alunos, potenciando o apelo a capacidades de pensamento crítico e o estabelecer de conexões das ciências com a matemática.

157

Tal afigura-se como fundamental, pois que, conforme tem sido insistentemente salientado em documentos de referência internacionais, a educação em ciências deve propiciar a cada cidadão o desenvolvimento das capacidades necessárias para viver e trabalhar, numa sociedade, o que implica e impõe que lhe sejam dadas oportunidade de desenvolver o pensamento crítico e o raciocínio científico que lhe permitirá tomar parte informada nas decisões e cursos de ação que afetam o seu bem-estar e o bem-estar da sociedade e do ambiente (Harlen, 2010; *International Council for Science*, 2011; Oates, 2010; Osborne e Dillon, 2008; Rocard *et al.*, 2007).

Neste quadro, será de considerar de grande relevância formativa para os professores a apropriação de referenciais teóricos e atividades de aprendizagem neles ancorados como ocorrido no contexto do estudo realizado. Tal poderá ajudar os professores a identificar e a operacionalizar mudanças efetivas e eficazes nas suas práticas didático-pedagógicas, almejando uma educação em ciências orientada para a melhoria da literacia científica dos alunos, potenciando a mobilização intrincada de capacidades de pensamento crítico e de conhecimentos.

Referências bibliográficas

ANDERSON, G. (2000): *Fundamentals of educational research*, Londres, Falmer Press.

BARDIN, L. (1991): *Análise de conteúdo*, Lisboa, Edições 70.

BOGDAN, R. e BIKLEN, S. (1994): *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*, Porto, Porto Editora.

BOSSÉ, M. L., LEE, T. D., SWINSON, M. e FAULCONER, J. (2010): “The NCTM process tandards and the five Es of science: Connecting math and sciences”, *School Science and Mathematics*, vol. 110, n° 85, pp. 262-276.

COTTRELL, S. (2005): *Critical thinking skills*, London, Palgrave.

COUTINHO, C. (2011): *Metodologia de investigação em ciências sociais e humanas: Teoria e prática*, Coimbra, Almedina.

ENNIS, R. H. (1987): “A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities”, em J. B. Baron e R. J. Sternberg (eds.): *Teaching thinking skills: Theory and practice*, Nova York, W. H. Freeman and Company.

158 ESTEVES, L. (2008): *Visão Panorâmica da Investigação-Acção*, Porto, Porto Editora.?

HALPERN, D. F. (1996): *Thought and knowledge: An introduction to critical thinking*, Mahwah, Nova Jersey, Lawrence Erlbaum Associates.

HARLEN, W. (2010): *Principles and big ideas of science education*, Hatfield, Association for Science Education.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR SCIENCE (2011): *Report of the ICSU ad-hoc review panel on science*, Paris. Em: <http://www.icsu.org/publications/reports-and-reviews/external-review-of-icsu>.

LATORRE, A. (2003): *La investigación-acción - Conocer y cambiar lá práctica educativa*, Barcelona, Editorial GRAÓ.

LIN, S.-S. (2014): “Science and non-science undergraduate students’ critical thinking and argumentation performance in reading a science news report”, *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 12, pp. 1023–1046.?

MOREIRA, M. A. (2001): *A investigação-ação na formação reflexiva do professor estagiário de inglês*, Lisboa, Instituto de Inovação Educacional.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS (2007): *Princípios e Normas para a Matemática Escolar*, Lisboa, APM.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1996): *National Science Education Standards*, Washington, DC, National Academy Press.

NOGUEIRA, S., TENREIRO-VIEIRA, C. e CABRITA, I. (2010): “Propostas didáticas potenciadoras de conexões entre Matemática e Ciências em contextos de educação formal e não formal - contributos do processo de validação”, em J. Matos, A. Domingos, C. Carvalho e P. C. Teixeira (eds.): *Actas do Encontro de Investigação em Educação Matemática* (EIEM 2010) “Comunicação no Ensino e na Aprendizagem da Matemática, Costa da Caparica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Lisboa, 17-18 de Abril de 2010. ISSN: 2182-0023.

NORRIS, S. e ENNIS, R. H. (1989): *Evaluating critical thinking*. Pacific Grove, Critical Thinking Press & Software.

OATES, T. (2010): *Could do better: Using international comparisons to refine the national curriculum in England*. Em: <http://www.education.gov.uk/inthenews/inthenews/a0068191/could-do-better-analysis-of-international-curriculums-published>.

OSBORNE, J. e DILLON, J. (2008): *Science education in Europe: Critical reflections*, London, Nuffield Foundation. Em: http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf.

ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSSON, H. e HEMMO, V. (2007): *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*, Luxembourg, European Commission. Em: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf.

159

TENBRINK, T. (1984): *Evaluacion: guía practica para profesores*, Madrid, Narcea, S. A. de Ediciones.

TENREIRO VIEIRA, C. e VIEIRA, R. M. (2013). *Literacia e pensamento crítico: um referencial para a educação em ciências e em matemática*. *Revista Brasileira de Educação*, vol. 18, nº 52, pp. 183-242.

VIEIRA, R. M., TENREIRO-VIEIRA, C. e MARTINS, I. (2011): *Educação em ciências com orientação CTS*. Porto, Areal Editores.

VIEIRA, R. M. e TENREIRO-VIEIRA, C. (2014): “Fostering Scientific Literacy and Critical Thinking in Elementary Science Education”, *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 13, nº 61. Em: http://link.springer.com/article/10.1007/s10763-014-9605-2?sa_campaign=email/event/articleAuthor/onlineFirst.

YORE, L. D. (2012): “Science literacy for all—More than a slogan, logo, or rally flag!”, em K. C. D. Tan e M. Kim (eds.): *Issues and challenges in science education research: Moving forward*, pp. 5–23, Dordrecht, Springer.

YORE, L. D., PIMM, D. e TUAN, H.-L. (2007): “The literacy component of mathematical and scientific literacy”, *International Journal of Science and Mathematics Education*, vol. 5, pp. 559–589.

**La formación de los ingenieros para participar
con las comunidades en temas tecnológicos:
consideraciones a partir de la gestión del agua**

**A Formação de Engenheiros para Participar
junto às Comunidades em Temas Tecnológicos:
Considerações a Partir do Gerenciamento da Água**

***Engineers' Training Focused On Community
Participation In Technology Issues.
General Considerations From Water Management Experiences***

Carlos Osorio Marulanda *

Este trabajo presenta algunas consideraciones sobre la formación de los ingenieros para la participación con las comunidades en temas de ciencia y tecnología, teniendo como referentes las experiencias de participación en los sistemas de agua potable. La participación de las comunidades en proyectos sobre sistemas de agua en Iberoamérica se lleva a cabo desde diferentes formas, que incluyen la selección de las tecnologías de potabilización, la construcción, mantenimiento y control de sistemas de abastecimiento de agua, y la movilización social. Se proponen algunas consideraciones sobre estos procesos de participación, a partir de la educación en ciencia, tecnología y sociedad. Estos enfoques educativos favorecen el aprendizaje de la participación pública en ciencia y tecnología; creemos que este aprendizaje es una necesidad en las tendencias actuales de la educación en ingeniería.

Palabras clave: educación en ingeniería, participación en ciencia y tecnología, educación CTS

161

* Profesor de la Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad del Valle, Cali, Colombia. Correo electrónico: carlos.osorio@correounivalle.edu.co.

Este trabalho apresenta algumas considerações sobre a formação de engenheiros para sua participação, junto às comunidades, em temas de ciência e tecnologia, tendo como referência as experiências de participação dos sistemas de água potável. A participação das comunidades em projetos sobre sistemas de água na Ibero-América é realizada de diferentes formas, incluindo a escolha de tecnologias de potabilização, construção, manutenção e controle de sistemas de fornecimento de água, e a mobilização social. Propõem-se algumas considerações sobre estes processos de participação a partir da educação em ciência, tecnologia e sociedade. Estas abordagens educacionais favorecem a aprendizagem da participação pública em ciência e tecnologia; acreditamos que esta aprendizagem é uma necessidade nas atuais tendências da educação em engenharia.

Palavras-chave: educação em engenharia, participação em ciência e tecnologia, educação CTS

This paper presents some considerations on engineers' training towards their engagement in community activities regarding technology and science-related issues, taking into account their previous involvement in water supply systems. The participation of communities in water-related projects in Ibero-America has taken place in different ways, including the choice of water treatment technologies, the construction, maintenance and control of water supply systems, and social mobility. This article proposes some considerations regarding the participation processes by way of taking STS studies as a starting point. The educational approaches favor the learning process of public participation in science and technology; we believe that this learning process is a need in the current trends of engineering education.

Key words: engineering education, participation in science technology and education, STS education

Introducción

La participación pública en proyectos de ciencia y tecnología constituye un tema de gran importancia en la gestión de los servicios ambientales de los países iberoamericanos. La participación pública puede contribuir hacia una mayor democratización en el acceso a estos servicios, igualmente es una forma de control social sobre los productos e impactos de la actividad científica y tecnológica, al tiempo que favorece la identificación de las prioridades más sentidas de la sociedad respecto de la ciencia y tecnología. Con base en Renn, Webler y Wiedemann (1995), Rowe y Frewer (2005) y Bucchi y Neresini (2008), se puede considerar a la participación en ciencia y tecnología como el conjunto de situaciones y actividades, tanto espontáneas como organizadas, en las que diferentes tipos de comunidades no expertas –ciudadanos, implicados y grupos de interés- participan o se involucran con los expertos y gobiernos en la evaluación y toma de decisiones sobre tecnologías y actividades tecnocientíficas, en la formulación de políticas públicas en ciencia y tecnología y en los procesos de producción de conocimiento científico, tecnológico y de innovación.

En la producción de conocimiento las formas de participación difieren mucho respecto de las áreas del conocimiento. Por ejemplo, en el campo de la salud, el aporte de los conocimientos de las comunidades puede ser muy significativo, cuando en determinados proyectos participan grupos de pacientes con algún tipo de enfermedad, como señala La Fuente (2007) para el caso de las neuropatías. También la participación es muy significativa en los casos de usuarios de *software* libre; al igual que para los procesos de transferencia de tecnologías agrícolas con comunidades campesinas (Ashby, 1996). Por el contrario, el aporte de las comunidades suele ser mucho menor, incluso nulo, cuando se trata de otra clase de campos de la ciencia o de la tecnología, como en ciertos casos de la física.

163

En este trabajo pretendemos identificar algunas consideraciones acerca de la formación de los ingenieros para la participación en ciencia, teniendo presente diversas características que se presentan en los procesos de participación de las comunidades en sistemas de agua potable. Se tendrán en cuenta los aportes de la educación en ciencia, tecnología y sociedad -ECTS- para contextualizar pedagógicamente tales consideraciones. Como se sabe, estos enfoques contribuyen a modificar la visión restrictiva y propedéutica que acompaña la tradicional formación en ciencias y tecnologías; así como la formación de túnel de la ingeniería, que supone que en la tecnología todo comienza y termina con una máquina (Pacey, 1983). La ECTS proporciona al estudiante una visión crítica y comprehensiva sobre el papel del conocimiento científico y tecnológico en la sociedad, a la vez que promueve la educación para la participación en temas tecnocientíficos.

Se verá inicialmente los rasgos más destacados sobre la participación de las comunidades en sistemas de abastecimiento de agua en Iberoamérica y su relación con los principios de la participación pública en ciencia y tecnología. Seguidamente se abordarán algunas tendencias en la formación de los ingenieros, con el objeto de identificar los vacíos y oportunidades respecto del aprendizaje de la participación.

Para finalizar, se retomará el tema de la formación de los ingenieros para la participación con base en las orientaciones de la ECTS.

1. La participación de las comunidades en sistemas de abastecimiento de agua

Los conflictos sobre el agua potable se relacionan principalmente con un crecimiento demográfico en aumento, una mayor urbanización y industrialización, un cambio climático que tiende a intensificarse y en general con una mayor demanda de agua dulce en relación con la producción de alimentos y de energía. Este contexto se inscribe además en el problema regulatorio internacional que se genera por las cuencas compartidas. Naciones Unidas señalaba que para 2014 se contabilizaban 276 cuencas transfronterizas del mundo, en donde más del 50% carecía de cualquier tipo de marco de gestión cooperativa (Kramer, Wolf, Carius y Dabelko, 2013). Tales cuencas representan el 60% del caudal fluvial del mundo y el 45% de la superficie terrestre, sobre la que se asienta el 40% de la población mundial. Para este organismo, la crisis hídrica mundial es una crisis de gobernanza mucho más que de recursos disponibles (WWAP, 2015).

Se suma a lo anterior, para el caso de algunas regiones de América Latina, una tendencia hacia la privatización en los servicios de agua potable. De este modo, los derechos sobre el agua, sus condicionamientos y la creación de mercados de agua, la planificación y organización del sistema, el rol del Estado en el ámbito de la privatización, así como la protección de intereses de etnias y comunidades consuetudinarias ligadas al recurso, por citar unos cuantos elementos, han generado importantes controversias, por lo que podemos hablar de crisis de gobernanza de los sistemas de gestión del recurso hídrico en muchas regiones de América Latina (CEPAL, 2004). El agua no es una mercancía ordinaria, las características peculiares de los recursos del agua son el resultado de la polivalencia ambiental y de sus roles económicos y sociales. El agua no puede ser ajena al Estado, el dominio es público, el Estado investiga y catastra su existencia y tiene un rol activo en su asignación y monitoreo de utilización (CEPAL, 2004). La forma de gobernanza determinaría la capacidad del gobierno y de los actores y redes sociales para participar en el diseño y gestión de sistemas de agua, también para transformar necesidades en políticas y para establecer patrones de interacción entre actores estratégicos.¹

Hablamos de participación comunitaria o de la comunidad, debido a que es el término que se utiliza para los proyectos del sector de agua potable. El concepto de

1. El concepto de gobernanza hace referencia a formas no jerárquicas de coordinación entre actores, ya sean vinculados en redes, asociaciones y grupos, entre otros. El término también denota una forma de gobernar: complementaria de aquella institucional, indica un nuevo estilo de gobierno caracterizado por un mayor grado de cooperación y por la interacción entre el Estado y los actores no estatales al interior de redes decisionales mixtas entre lo público y lo privado (Mayntz, 1998). Para una definición sobre gobernanza y sus relaciones con la gobernabilidad sobre el tema del agua, véase: Colom y Ballesteros (2003), Iza y Rovere (2006) y Castro (2002).

comunidad, pese a que hace referencia a un sistema social caracterizado por rasgos o intereses comunes, no constituye un sinónimo de participación por sí mismo (Fonseca y Bolt, 2002). Participar requiere que se puedan tomar decisiones, que se pueda hacer uso de espacios y estrategias que propicien la participación, como también que sus resultados tengan un impacto real en un determinado proceso participativo. El Banco Mundial (1978) señalaba desde finales de la década del 70 que la participación de la población local en proyectos de desarrollo debía entenderse como participación activa para la toma de decisiones. Con esta forma de entender la participación se buscaba romper con la anterior idea que la definía como un esfuerzo de parte de las comunidades por cooperar con la implementación de planes ya trazados y con objetivos establecidos en forma vertical.

El marco institucional que reconoce directamente a la participación en las cuestiones de agua potable y saneamiento fue la Conferencia de Naciones Unidas de Mar del Plata en 1977, la misma que declaró la Década Internacional de Suministro de Agua y Saneamiento para los años 1980 a 1990 (Biswas, 2004). Durante este periodo, aproximadamente 1250 millones de personas fueron provistas con sistemas de abastecimiento de agua y 750 millones con adecuado saneamiento (UNCHS, 1996). La Comisión Mundial para el Agua en el Siglo XXI (WC, 2000) propuso que la participación comunitaria era parte fundamental de lo que habría de ser formulado como una gestión integrada de recursos hídricos, esto es: un proceso que promueve el manejo y desarrollo sistémico del agua, la tierra y los recursos, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de modo sustentable y equitativo. Se trata de integrar sistémicamente el ciclo antrópico con el ciclo natural, tradicionalmente tratados de forma separada. El objetivo es mantener el agua tanto como se pueda dentro del ciclo antrópico, para disminuir la presión sobre los ecosistemas (Restrepo, 2004).

165

Para que las comunidades tomen un papel activo en un sistema de abastecimiento de agua se requiere que se les reconozca en condición de involucrados o tomadores de decisión. El concepto de involucrado implica el tener en cuenta un principio de justicia para los distintos tipos de involucrados, es decir: considerar cómo las organizaciones, los formuladores de política pública y los gestores de tecnología, asignan derechos y valores a múltiples tipos de involucrados (Johnson-Cramer y Phillips, 2005; Phillips, 2003). Y en segundo lugar, cómo los involucrados participan en las decisiones que los afectan: los grupos de interés creados en función de una tecnología, de una acción de protesta o de una organización formal, deberían tener la oportunidad de expresar sus intereses y en algunos casos participar en la toma de decisiones.

En Latinoamérica, la participación de las comunidades en proyectos de gestión del agua se lleva a cabo principalmente bajo tres formas. Por un lado, en la selección de las tecnologías de potabilización (Méndez-Fajardo, Opazo, Romero y Pérez, 2011; Perales, 2014), que en el caso de las zonas rurales, la participación se orienta a identificar una tecnología de elevada eficiencia, de relativo bajo costo en la construcción, operación y mantenimiento, así como de alto grado de confiabilidad desde el punto de vista del riesgo microbiológico, y que al hacer uso de las condiciones locales no genere una perturbación significativa al ambiente. También,

que la tecnología sea flexible, accesible, aceptable cultural y socioeconómicamente para el mayor número de usuarios, y que el agua llegue de forma continua, en la cantidad suficiente y con la calidad adecuada (Galvis, 1993). En segundo lugar, las comunidades también participan en la construcción, mantenimiento y control de sistemas de abastecimiento de agua (Useche, 2012; Rojas, Pérez, Tadeo, Madera, Guimarães y Dos Santos, 2013; Aguilar, 2011). En este sentido, las experiencias son múltiples y en algunos casos pueden ir hasta la administración misma del sistema, van desde la participación como costo compartido (en donde la contribución es en efectivo o en especie), la participación como arreglo contractual (lo que no excluye la participación de voluntarios) y con un mayor nivel de compromiso cuando la comunidad asume la responsabilidad en la toma de decisiones, con posibles subsidios externos para las inversiones respectivas (Brikké, 2000). Por último, también la participación se expresa en acciones más políticas y activistas a través de la movilización social, cuando las comunidades reclaman a los gobiernos o a las empresas privadas responsables del servicio, por la cantidad y calidad del servicio; un ejemplo emblemático es el conflicto de Cochabamba registrado en Bolivia en 2000.

En el caso de España, los procesos de participación pública en temas de agua están claramente reconocidos en la Directiva Marco del Agua (DMA). Mediante esta Directiva se reconoce la importancia de la información, consulta y participación activa de las comunidades con relación a las cuencas hidrográficas. Sin embargo, para desplegar el aparato participativo que reclama la Directiva Marco del Agua es necesaria la presencia de un poder político que impulse nuevos diseños institucionales para integrar a los diferentes actores territoriales y administrativos. También se necesita que los procesos participativos se adapten a cada contexto y sector social, antes que tratar de estandarizar los mismos procesos para todos los casos. De igual manera se requiere que la participación tenga una influencia efectiva en la toma de decisiones, que las instituciones encargadas de promover y dirigir los procesos (Consejos del Agua, Organismos de Cuenca) perciban una activa presión ciudadana (Espluga, Ballester, Hernández y Subirats, 2011).

Todos estos aspectos señalados sobre la participación de las comunidades en agua potable se relacionan plenamente con el concepto mismo de la participación pública en ciencia y tecnología. La participación pública, siguiendo la tradición anglosajona, significa hablar de participación democrática, y esto no compete únicamente a la cuestión de participar en las decisiones de los gobiernos: también incluye la co-determinación corporativa en diferentes niveles (Webler y Renn, 1995), tal como sucede en los campos de la participación en agua potable señalados antes. Se considera que la participación es más relevante cuando hay mayor intensidad de la cooperación entre expertos y no expertos para producir conocimiento (Bucchi y Neresini, 2008; Callon, Lascoumes y Barthe, 2001). En nuestro caso, se produce conocimiento cuando se tienen en cuenta los conocimientos locales, por ejemplo, para el cuidado de una determinada cuenca. También esta cooperación puede generarse en los procesos de transferencia del conocimiento hacia situaciones reales, como en la selección de tecnologías para los sistemas de abastecimiento, o para que estén adaptadas al contexto en donde van a ser empleadas. Estos temas, entre otros, como los proyectos conjuntos de investigación, señalan la importancia de la participación de las comunidades en los temas del agua.

2. Algunos referentes sobre la educación en ingeniería

El aprendizaje para la participación en ciencia y tecnología como parte de la formación de los ingenieros no es un hecho frecuente cuando se mencionan las tendencias en la formación de los ingenieros en el mundo actual. En los países de mayor desarrollo económico, el énfasis de las tendencias se centra en mayores competencias disciplinares y de ciencias básicas, así como en competencias referidas al entorno (Maraghy, 2011). El aprendizaje de competencias para los ingenieros requiere tener en cuenta la velocidad del cambio tecnológico y la intensiva utilización de las tecnologías de información y comunicación (TIC).² Esto último contribuye con una diversidad de aspectos con grandes implicaciones educativas, entre las que se cuenta la formación continua y a lo largo de toda la vida, la gestión de redes sociales, los trabajos colaborativos con uso de TIC, el acceso y manejo de grandes conjuntos de datos (*Big Data*), entre otros temas (Odell, 2014; Maraghy, 2011).

De otro lado, las competencias técnicas requieren de diversos espacios de formación, como el aprendizaje práctico en laboratorios e instalaciones flexibles de última generación, y el aprendizaje a partir de las visitas a industrias o entrenamiento en terreno; lo que además constituye un excelente recurso para desarrollar el pensamiento innovador y la formación ética (Willison, 2016). Otras competencias técnicas tienen que ver con los aspectos relacionados con la innovación y economía verde (OECD, 2009). Para la OECD, luego de la crisis económica de 2008, los sistemas educativos requieren de cambios, por ejemplo, pasar de la investigación monodisciplinar y de ocupaciones solitarias orientadas al enfoque lineal, a esquemas de investigación multi e interdisciplinaria, de ocupaciones híbridas en interfaces universidad-empresa proclives a la innovación y a la I+D en temas ambientales. La innovación se puede entender en este caso, como aprendizaje colaborativo basado en el intercambio de conocimiento global y de redes para la creación de conocimiento. Desde esta perspectiva, la formación de competencias implicaría un proceso orientado a proporcionar una nueva forma de pensar acerca de la génesis de nuevos conocimientos, de estructuras sociales y de procesos de colaboración que apoyen el avance del conocimiento y la innovación (Kolmos, 2011).

Con relación a las competencias no técnicas o relacionadas con el ambiente, se espera que los estudiantes de ingeniería se formen con cualidades de liderazgo, capacidad de trabajar en equipo y de forma independiente, capacidad de comunicación, y una comprensión de la economía, los negocios, la administración y el espíritu empresarial. Y que los ingenieros también se formen en prácticas sobre el cuidado del medio ambiente y el desarrollo sostenible, posean conocimientos sobre las implicaciones sociopolíticas y culturales de la ingeniería, el riesgo y la evaluación

2. Para este propósito se utiliza el concepto de competencias adoptado por la OECD (2010: 6), el cual hace referencia a la capacidad de aplicar los resultados del aprendizaje en un determinado contexto. Una competencia no está limitada a elementos cognitivos (uso de la teoría, conceptos o conocimiento implícito), sino que abarca aspectos funcionales (habilidades técnicas), atributos interpersonales (habilidades sociales u organizativas) y valores éticos.

de la seguridad, así como los aspectos legales y éticos de la práctica de la ingeniería (Maraghy, 2011). Todos estos aspectos deben considerar las nuevas áreas de conocimiento, como la nanotecnología, y las que son producto de la relación entre la ingeniería y los campos de la salud y la medicina, como la bioinformática, por citar un ejemplo. Para los países iberoamericanos, la Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería ASIBEI (2014: 4) señalaba que entre las tendencias en la formación de los ingenieros se destacan: la formación virtual y los nuevos ambientes de aprendizaje, la incorporación de las TIC en el aula de clase, la ética asociada a las decisiones de ingeniería, el crecimiento acelerado de los cursos y denominaciones de ingeniería, el aseguramiento de la calidad de los programas académicos y el aporte social de la ingeniería, entre otras.

Como se puede observar, muchas de estas competencias no técnicas, y algunas técnicas como las relacionadas con las cuestiones ambientales y de innovación, suponen la intensiva interacción de los ingenieros con grupos sociales diversos, los cuales son portadores de conocimiento y además desempeñan un rol de “involucrados”, por tanto de tomadores de decisión en los sistemas tecnológicos.³ En este sentido, si bien no hay una declaración explícita acerca de la importancia de aprender a participar y a generar relaciones de construcción de conocimientos con las comunidades, cuando se mencionan las demandas de formación el tema aparece implícitamente necesario.

De otro lado, en aquellos programas de ingeniería relacionados con los sistemas de agua, Carvajal (2008) destacaba que la formación en ingeniería del agua conserva gran parte del enfoque inicial (con excepciones), basado en los aspectos fundamentales del ciclo hidrológico para el diseño, construcción y operación de obras hidráulicas, excluyendo aspectos ambientales, las alteraciones en la calidad del recurso hídrico, el cambio climático y aspectos sociales asociados a la apropiación de tecnologías y la resolución de conflictos. En particular, destacaba que la resolución de conflictos, los aspectos antropológicos y el cambio climático, seguían desatendidos en los currículos de esta clase de programas; los aspectos relacionados con participación comunitaria sólo habían sido incluidos en Costa Rica y Bolivia.

No sobra mencionar que el papel de los ingenieros en los sistemas tecnológicos y su relación con diferentes tipos de comunidades ha sido analizado en términos de constructores de sistemas tecnológicos. Los ingenieros asumen el rol de investigadores, inventores, expertos, inventores-emprendedores (que difieren de los inventores ordinarios en la medida en que extienden las ideas inventivas al desarrollo

3. Se entiende al sistema tecnológico en el sentido en que Hughes (1983) lo propone: como un complejo conjunto de componentes físicos, de organizaciones, conocimientos, leyes; igualmente los recursos naturales pueden ser considerados como artefactos de un sistema tecnológico cuando hace parte de él. Las personas -inventores, científicos industriales, ingenieros, gerentes, financieros y trabajadores- son componentes del sistema, pero no deben ser considerados como sus artefactos, debido a que tienen grados de libertad que no poseen los artefactos, pueden expresarse en el diseño del sistema y sus funciones, además de retroalimentar la ejecución de las metas del sistema y corregir los errores. En los sistemas tecnológicos, los estudiantes de ingeniería habrán de desempeñarse profesionalmente.

y al uso del invento en cuestión), tienen la riqueza y competencia de investigar, desarrollar, financiar y gerenciar sus invenciones (Hughes, 1983). Pero en este papel de constructores del sistema, también participan actores sociales no-expertos, como en el caso de la construcción y gestión de los sistemas de abastecimiento de agua, tal como se ha señalado antes.

3. La educación de los ingenieros para la participación

Como se ha señalado en el apartado anterior, las tendencias de la educación en ingeniería tienen en cuenta, además de los aspectos técnicos, otros aspectos de carácter social y ético, que suponen del aprendizaje de la participación con las comunidades en temas de ciencia y tecnología, y, de manera más contextual, en los sistemas tecnológicos. Cabe ahora preguntarse ¿cómo debería abordarse a nivel del currículo este tipo de formación? Y de otro lado, ¿cómo las experiencias sobre la participación de las comunidades en temas de agua potable pueden constituirse en un espacio oportuno de aprendizaje de los ingenieros acerca de la participación en temas de ciencia y tecnología?

Para abordar estas inquietudes, hemos de echarle mano a la ECTS, ya que este tipo de educación favorece este propósito del aprendizaje de la participación pública en ciencia y tecnología (Osorio y Martins, 2011). Estos enfoques, al hacer hincapié en aquellas cuestiones sociales con carácter explicativo que intervienen en la génesis y transformación del conocimiento científico y tecnológico en la sociedad, y en el abordaje sobre los impactos de la ciencia y tecnología, proporcionan una visión crítica y contextualizada sobre el papel de la ciencia y tecnología en la sociedad. Esta clase de reflexiones no requiere de la existencia de un curso particular, aunque bien pudiera crearse, tal como lo han venido haciendo diferentes universidades en países de la región.⁴ Seleccionar algún curso de ciencias o de tecnologías que haga parte del currículum de la ingeniería, y en particular alguna temática que pudiera ser objeto de debates y controversias acerca de cuestiones sociales relevantes sobre el papel de la ciencia y tecnología, o que pudiera relacionarse de alguna forma con un sistema de abastecimiento de agua, podría ser suficiente para iniciar un proceso de formación de este tipo. Al respecto, dos conceptos pueden orientar este propósito de llevar la ECTS y con ello las cuestiones sobre la participación pública al currículo, se trata de lo que en didáctica de las ciencias se conoce como “naturaleza de la ciencia” y “naturaleza de la tecnología”, pero en este caso con orientación CTS.

Desde la perspectiva CTS, señalan Acevedo y García-Carmona (2016a), la naturaleza de la ciencia -NDC- es un metaconocimiento sobre la ciencia, que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia por expertos en estas disciplinas, y por algunos científicos. La

4. Por ejemplo, relacionados con la introducción a la ingeniería, en las universidades de Argentina: Universidad Nacional del Litoral, Universidad Nacional de Misiones y la Universidad Tecnológica Nacional (Duran *et al.*, 2011).

NDC trata de todo aquello que caracteriza a la ciencia como la construcción de una forma especial de conocimiento. Al integrar todos esos aspectos sociales (reflexiones sobre la forma de producir conocimiento científico, los métodos para validarlo, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con la ciencia y la tecnología, y las aportaciones de la ciencia a la cultura y el progreso de la sociedad), atender esta convergencia de asuntos permite prestar una mayor atención a las circunstancias y contextos socioculturales, políticos y económicos, entre otros, que influyen en (y son influidos por) el desarrollo de la ciencia de manera decisiva, a diferencia de posturas más epistemológicas, centradas solamente en la construcción del conocimiento científico y de sus características internas. Con relación a la naturaleza de la Tecnología -NDT- desde la educación CTS, el término NDT, un poco menos desarrollado en didáctica, suele referirse a cuestiones sobre qué es la tecnología, cómo es su funcionamiento, cuáles son sus fundamentos epistemológicos y ontológicos, los principales rasgos del trabajo de las comunidades de tecnólogos e ingenieros como grupos sociales, y las influencias mutuas entre la ciencia, la tecnología y la sociedad (Acevedo y García-Carmona, 2016b).

El conjunto de cuestiones que abarca la NDC con enfoque CTS comprende cuatro grandes temas (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001), sobre ellas es posible advertir los elementos que contribuyen a configurar el espacio para la formación en participación pública en ciencia y tecnología. Los temas son: epistemología, ciencia y tecnología, sociología interna de la ciencia y sociología externa de la ciencia. En particular queremos destacar las cuestiones de sociología, las cuales consideramos clave para el aprendizaje de la participación, de acuerdo con Acevedo y García-Carmona (2016a); éstas son:

170

Sociología interna de la ciencia:

- *Construcción social del conocimiento científico:*

- Comunidades de científicos
- Grupos de trabajo
- Competencias profesionales
- Actividades profesionales
- Toma de decisiones
- Comunicación profesional
- Revisiones por pares
- Interacciones sociales
- Influencia nacional y local
- Ciencia privada y ciencia pública

- *Cuestiones personales:*

- Sentimientos, intereses y motivaciones
- Valores y normas
- Moral y ética
- Ideologías
- Visiones del mundo y creencias religiosas
- Género y feminismo

Sociología externa de la ciencia:

- *Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología:*

- Estructuras de poder político y factual (gobierno, industria, ejército y lobbies)
- Influencia general en científicos y tecnólogos
- Financiación de la ciencia
- Influencia de la sociedad en la ciencia y la tecnología

- *Influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad:*

- Organizaciones e interacciones sociales
- Problemas sociales
- Responsabilidad social
- Decisiones sociales
- Resolución de cuestiones sociales
- Contribución al bienestar económico, el poder militar y el pensamiento social

- *Influencia de la ciencia escolar en la sociedad (en nuestro caso léase universidad):*

- Instituciones educativas
- Características de la ciencia escolar
- Culturas humanística y científica
- Ciencia ciudadana
- Divulgación social de la ciencia y empoderamiento social

171

Muchos de estos aspectos son susceptibles de ser analizados en cualquier controversia relacionada con el diseño y la implementación de un sistema de abastecimiento de agua. En estos sistemas las controversias y soluciones son muy frecuentes, tal como destacan Kramer, Wolf, Carius y Dabelko (2013: 10) respecto de los conflictos y la cooperación acerca de los sistemas de agua entre países: la mayoría de las controversias se resuelven de manera pacífica y mediante la cooperación, cuyos mecanismos de colaboración se logran mediante foros de negociaciones conjuntas, examinando las diferentes perspectivas e intereses para que salgan a la luz nuevas opciones de gestión y de soluciones para todos, se fomente la confianza mediante la colaboración y la investigación conjuntas, y se adopten decisiones con muchas más posibilidades de ser aceptadas por todas las partes interesadas, aun cuando no pueda llegarse a un consenso. Y en el nivel interno a los países, normalmente los mecanismos de solución son más fácilmente adoptados por la comunidad. Hoy día se encuentra disponible por Internet una vasta documentación de casos acerca de controversias, metodologías, experiencias

puntuales y evaluaciones, entre otras, alrededor del tema de la participación en agua.⁵ Si se revisan algunos de estos informes, se encontrará que en cada país iberoamericano hay una historia de temas asociados al agua: conflictos, proyectos, historias diversas sobre los sistemas de agua, grandes instalaciones hidráulicas, tipos de acueducto, entre otros asuntos; en donde la comunidad ha tenido un papel protagónico y en donde los ingenieros, entre otros expertos, han debido interactuar con ella.

Las categorías de NDC permiten identificar núcleos temáticos sobre los cuales se puede propiciar la reflexión y discusión alrededor de la relación tecnología y sociedad, y la manera como los grupos sociales interactúan en un sistema tecnológico. El análisis de casos, controversias, historias, las visitas a lugares en donde se ha desarrollado un conflicto, las experiencias de proyectos conjuntos entre expertos y comunidades, entre otros asuntos, permiten situar el contexto en donde se ha producido la interacción con las comunidades. El proceso participativo como tal, se puede analizar, incluso evaluar, teniendo presente asuntos como los que destacan Rowe y Frewer (2000): identificar los tipos de actores involucrados, conocer sobre la forma como se involucraron, revisar los diferentes momentos de la participación, en algunos casos conocer la evolución de los debates, los criterios de los actores sociales que fueron tenidos en cuenta para influir en las decisiones, las tareas y responsabilidades conjuntas e individuales según los grupos participantes, los criterios y mecanismos para tomar las decisiones, y la estructura institucional o gobernanza que facilitó y facilita esta clase de encuentros, entre otros aspectos.

172

Este tipo de análisis estaría alineado con la propuesta por Acevedo y García-Carmona (2016a), al referirse a la importancia de usar casos históricos como estrategias que permiten contextualizar de forma explícita la enseñanza de aspectos de la Naturaleza de la Tecnología -NDT-. Los casos históricos contribuyen a identificar los aspectos relativos a la manera en que ingenieros y tecnólogos se enfrentan a su trabajo. Asimismo, ilustran diversas cuestiones epistemológicas, ontológicas, axiológicas y sociológicas vinculadas a la comprensión de la NDT, al situar el contenido de la tecnología en un contexto humano, social y cultural más amplio.

Otras estrategias didácticas ensayadas en estos temas de la educación CTS para promover la participación pública, bien sea en temas del agua como en otros asuntos de interés, se relacionan con la construcción de casos simulados sobre controversias verosímiles (Martin, 2006). Los casos simulados permiten potenciar la motivación en el aula y propiciar la imaginación de posibles soluciones sobre controversias tecnocientíficas; en los casos siempre se propicia algún tipo de decisión

5. Por citar unos pocos ejemplos de Iberoamérica de los últimos años: Aguilar (2011); Aceros, Tirado y Miquel (2011); Belchior (2011); Berg (2013); CEPAL (2013); Charbit (2011); Córdova, Romo y Romero (2014); Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) (2007); González (2014); Johnston (ed.) (2012); Osorio (2015); Pérez-Vera y Ortiz-Torres (2013); Pignataro y Espínola (s/f); Ramírez (2013); Rojas *et al.* (2013); Sannazzaro (2011); Secretaría de Medio Ambiente y Recursos naturales (2008); Subirats *et al.* (2011); UNESCO (2015); Useche (2012); *Water and Sanitation Program* (WSP) (2007); Wolkmer y Freiburger (2013).

sociotecnológica. También se han propuesto otras didácticas como la mediación (Osorio, 2009), con la que es posible construir experiencias en el aula en torno a un proceso que debe ser mediado, con actores en conflicto según sus visiones e intereses respecto de una cuestión de la ciencia y tecnología. También las noticias científicas constituyen un recurso muy útil cuando se trata de abordar la discusión sobre temas actuales de la ciencia y tecnología, en aspectos cognitivos y valorativos (Martin y Osorio, 2012; Carmona y Acevedo, 2016). De igual manera, la estrategia didáctica ampliamente conocida como el “ciclo de responsabilidad” (Waks, 1996) constituye una didáctica para el aprendizaje ético y la educación responsable en torno a la ciencia y tecnología en situaciones reales; en este caso se parte de una postura ética para abordar un problema específico de la comunidad, analizarlo, identificar soluciones y comprometerse con ellas. Sobre este último aspecto, el abordaje de situaciones reales, cabe la observación de Durbin (2003) cuando se refiere a la importancia del activismo como estrategia para paliar con los desequilibrios tecnocientíficos de la vida contemporánea.

A manera de cierre

Todos estos aspectos que hemos señalado sugieren la importancia de la participación en temas de ciencia como parte de la formación de los ingenieros, teniendo presente las lecciones sobre la participación en temas de agua potable. Incluir a las comunidades no expertas no es un mero acto político o ético, sino que puede enriquecer la investigación científica. Como señalan Funtowicz y Ravetz (1997):

173

“El conocimiento de las condiciones locales puede determinar qué datos son firmes y relevantes, y puede también ayudar a definir los problemas políticos. Tal conocimiento personal y local no les viene servido de ninguna fuente natural a los especialistas en la materia, cuyo adiestramiento y empleo les predispone a adoptar unas concepciones abstractas y generalizadas sobre el carácter genuino de los problemas y la relevancia de la información. Aquellos cuyas vidas y soluciones dependan de la solución de los problemas tendrán un conocimiento especial de cómo los principios generales se concretan en los ‘patios de sus casas’. También dispondrán de ‘hechos extendidos’, incluyendo anécdotas, análisis informales e información oficial publicada por medios no oficiales. Se puede objetar que carecen de conocimientos teóricos y que están sesgados por sus propios intereses, pero también se puede decir que los expertos carecen de conocimiento práctico y tienen sus propias formas inconscientes de sesgo” (Funtowicz y Ravetz, 1997: 159).

Aquí, como en muchos temas relativos a la educación, se sugiere la presencia de un profesorado formado y con una concepción del currículo que le permita decidir cuáles son los aspectos más apropiados a tratar en los diferentes contenidos de las asignaturas, para promover la construcción de conocimientos relativos a la participación social en temas de ciencia y tecnología.

Más allá de que el tema del agua sea un asunto específico que compete a un tipo de actividad profesional de la ingeniería, la ingeniería hidráulica, no se debe olvidar que la crisis del agua es multidimensional y requiere de un tratamiento interdisciplinario de carácter socio-técnico como parte de la comprensión y resolución de los problemas (Carvajal, 2008). El agua está en el centro del cambio climático, de ahí que aprender sobre las lecciones del agua en materia de participación, es aprender sobre como los ingenieros y las comunidades interactúan para buscar las soluciones a los graves problemas y desequilibrios ambientales y sociales que involucran a la ciencia y tecnología y especialmente a las estructuras económicas que favorecen estos desequilibrios.

Bibliografía

ACEROS, J., TIRADO, F. y MIQUEL, D. (2011): "Percepciones de los ciudadanos catalanes acerca de la participación del público y los expertos en las controversias sobre el agua", *Papers*. Disponible en: <http://www.raco.cat/index.php/papers/article/viewFile/229242/310952>. Consultado el 4 de abril de 2015.

174 ACEVEDO, J. A. y GARCÍA-CARMONA, A. (2016a): "«Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 13, nº 1, pp. 3-19.

ACEVEDO, J. A. y GARCÍA-CARMONA, A. (2016b): "Una controversia de la historia de la tecnología para aprender sobre naturaleza de la tecnología: Tesla vs. Edison - La guerra de las corrientes-", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 34, nº 1, pp. 193-209.

AGUILAR, E. (2011): *Gestión comunitaria de los servicios de agua y saneamiento: su posible aplicación en México*, México D.F., Naciones Unidas. Disponible en: <http://repositorio.cepal.org/> Consultado el 5 de abril de 2015.

ASHBY, J. (1996): "What do we mean by participatory research in agriculture?", *New frontiers in participatory research and gender analysis. Proceedings of the international seminar on participatory research and gender analysis for technology development*, CIAT Publication, Cali, Centro Internacional de Agricultura Tropical, nº 294, pp. 15-22.

ASOCIACIÓN IBEROAMERICANA DE INSTITUCIONES DE ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA (2014): *Tendencias en la formación de ingenieros en Iberoamérica*, Bogotá, Arfo Ed.

BANCO MUNDIAL (1978): "Towards a typology of popular participation", *Policy planning and program review Dept*, p. 16.

BELCHIOR, H. (2011): Comunicação ambiental nos Açores: planeamento dos recursos hídricos - informação e participação pública: os processos comunicativos entre os actores sociais e a sua influência para uma esfera pública activa, tesis de maestría, Universidad de Dos Açores, Ponta Delgada. Disponible en: <http://repositorio.uac.pt/>. Consultado el 2 de abril de 2015.

BERG, S. (2013): *Best practices in regulating State-owned and municipal water utilities*, Editorial ECLAC Disponible en: <http://repositorio.cepal.org/>. Consultado el 3 de abril de 2015.

BISWAS, A. K. (2004): "From Mar del Plata to Kyoto: An analysis of global water policy dialogue", *Global Environmental Change*, vol. 14, pp. 81-88.

BRIKKÉ, F. (2000): *Operation and maintenance of rural water supply and sanitation systems, A training package for managers and planners, operation and maintenance network of the water supply and sanitation collaborative council*, Delft, IRC-World Health Organization.

BUCCHI, M. y NERESINI, F. (2008): "Science and public participation", en E. Hackett, O. Amsterdamska, M. Lynch y J. Wacjman (eds.): *The handbook of science and technology studies*, Cambridge, The MIT Press, pp. 449-472.

CALLON, M., LASCOUMES, P. y BARTHE, Y. (2001): *Agir dans un monde incertain: Essai sur la démocratie technique*, París, Editions De Seuil.

175

CARVAJAL, Y. (2008): *Tendencias en la formación en ingeniería del agua en américa latina*", en *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, Enero-Diciembre. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231116372010>. Consultado el 13 de enero de 2016.

CASTRO, J. E. (2002): "La construcción de nuevas incertidumbres, tecnociencia y la política de la desigualdad: El caso de la gestión de los recursos hídricos", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, OEI, nº 2, Enero - Abril 2002.

CEPAL (2004): "Avances de América Latina y el Caribe hacia el desarrollo sostenible en los temas de: Asentamientos humanos, agua y saneamiento", Proceso Preparatorio de la Región de América Latina y el Caribe para la Decimosegunda Sesión de la Comisión Sobre el Desarrollo Sostenible (CDS -12), CEPAL, Santiago de Chile.

CEPAL (2013): *Acceso a la información, participación y justicia en temas ambientales en América Latina y el Caribe: situación actual, perspectivas y ejemplos de buenas prácticas*. Disponible en: http://www.cepal.org/rio20/noticias/noticias/9/49429/2013-246_pr10_acceso_a_la_informacion.pdf. Consultado el 2 de abril de 2015.

CHARBIT, C. (2011): "Governance of public policies in decentralised contexts. The multi-level approach", OECD, *Regional Development Working Papers*. Disponible en:

<http://www.oecd.org/gov/regional-policy/48724565.pdf> /. Consultado el 4 de abril de 2015.

COLOM DE MORÁN, E. y BALLESTEROS, M. (2003): *Gobernabilidad eficaz del agua: acciones conjuntas en Centro América*, Global Water Partnership.

CÓRDOVA, G., ROMO, M. y ROMERO, L. (2014): “Acción pública local y prácticas autogestivas en colonias sin agua entubada ni saneamiento, en el estado de Chihuahua”, *Gestión y Política Pública*, vol. 13, n° 2, pp. 385-420. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13331693004/> Consultado el 2 de abril de 2015.

COWIE, G. y BORRETT, S. (2005): “Institutional perspectives on participation and information in water management”, *Environmental Modelling & Software*, n° 20, pp. 469-483.

DURAN, G., FERRANDO, K., GALLO, A., GIULIANO, G. y RODRÍGUEZ, G. (2014): *Introducción a la ingeniería. Hacia la construcción de una propuesta formativa. I y II encuentro de cátedras de Introducción a la Ingeniería y afines*, Rosario, Universidad Nacional de Rosario Editora.

DURBIN, P. (2003): “Ética, ó como tratar democráticamente los problemas tecnosociales”, *Isegoría: Revista de filosofía moral y política*, n° 28, pp. 19-32.

176 ESPLUGA, J.; BALLESTER, A.; HERNÁNDEZ, N. y SUBIRATS, J. (2011): “Participación pública e inercia institucional en la gestión del agua en España”, *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, n° 134, pp. 3-26.

FONDO INTERNACIONAL DE DESARROLLO AGRÍCOLA (2007): *Gender and water, Securing water for improved rural livelihoods: The multiple-uses system approach*. Disponible en: http://www.ifad.org/gender/thematic/water/gender_water.pdf. Consultado el 3 de abril de 2015.

FONSECA, C. y BOLT, E. (2002): *¿Cómo apoyar la gestión comunitaria de sistemas de abastecimiento de agua?* Guía para administradores, Delft, IRC, Centro Internacional de Agua y Saneamiento, Serie de Documentos Técnicos, n° 37.

FUNTOWICZ, S. y RAVETZ, J. (1997): “Problemas ambientales, ciencia post-normal y comunidades de evaluadores extendidas”, en M. I. González, J. A. López e J. L. Luján (eds.): *Ciencia, tecnología y sociedad. Lecturas seleccionadas*, Barcelona, Editorial Ariel.

GÁLVIS, G. (1993): “Abastecimiento de agua potable”, *Primer simposio Iberoamericano sobre gestión del agua*, Bogotá, Pontificia Universidad Javeriana.

GARCÍA-CARMONA, A. y ACEVEDO, J. (2016): “Learning about the nature of science using newspaper articles with scientific content. A study in initial primary teacher education, *Sci & Educ*. Consultado el 16 de mayo de 2016.

GONZÁLEZ, M. (2014): "Decentralization, community participation, and improvement of water access in Mexico", *Community Development*, vol. 45, n° 1, pp. 2-16. Disponible en: <http://marcelagr.gspia.pitt.edu/>. Consultado el 4 de abril de 2015.

HEINELT, H. (2002): "Achieving sustainable and innovative policies through participatory governance in a multi-level context", *Participatory Governance in Multi-Level Context*, VS Verlag für Sozialwissenschaften, pp. 17-32.

HUGHES, T. P. (1983): *Networks of Power*, Baltimore, The John Hopkins University Press.

IZA, A. y ROVERE, M. (2006): *Gobernanza del agua en América del Sur: Dimensión ambiental*, UICN, Gland.

JOHNSTON, B. (2012): *Water, cultural diversity, and global environmental change emerging trends. Sustainable futures?*, Springer, UNESCO.

JOHNSON-CRAMER, M. y PHILIPS, R. (2005): "Stakeholders", en C. Mitcham (ed.): *Encyclopedia of science, technology, and ethics*, vol. 4, Macmillan, pp. 1853-1855.

KOLMOS, A. (2011): "New trends in engineering education: Mega projects and globalization", Proceedings of the 1st EUCEET Association Conference, Patras, Greece.

KRAMER, A., WOLF, T., CARIUS, A. y DABELKO, G. (2013): "Cooperación y conflictos en torno al agua: claves para manejarlos", *Un Mundo de Ciencia*, vol. 11, n° 1, enero-marzo.

177

LAFUENTE, A. (2007): *El carnaval de la tecnociencia. Diario de una navegación entre las nuevas tecnologías y los nuevos patrimonios*, Madrid, Gadir Editorial.

MARAGHY, W. H. (2011): "Future trends in engineering education and research", en G. Seliger et al. (eds.): *Advances in Sustainable Manufacturing: Proceedings of the 8th Global Conference 11 on Sustainable Manufacturing*, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.

MARTÍN, M. (2006): *Controversias tecnocientíficas. Diez casos simulados sobre ciencia, tecnología, sociedad y valores*, Madrid, Octaedro-OEI.

MARTÍN, M. y OSORIO, C. (2012): "Comunidad de educadores iberoamericanos para la cultura científica. Una red para la innovación", *Revista Iberoamericana de Educación, Monográfico: Educación para la cultura científica*, Enero-Abril.

MAYNTZ, R. (1998): "Nuevos desafíos de la teoría de governance", *Instituto Internacional de Gobernanza de Cataluña*. Disponible en: <http://www.iigov.org>. Consultado el 2 de febrero de 1998.

MÉNDEZ-FAJARDO, S.; OPAZO, M.; ROMERO, Y. y PÉREZ, B. (2011): "Metodología para la apropiación de tecnologías de saneamiento básico en comunidades indígenas", en *Cuadernos de Desarrollo Rural*, vol. 8, n° 66, pp. 153-176. Disponible

en: <http://revistas.javeriana.edu.co/index.php/desarrolloRural/article/view/1667/1067>. Consultado el 20 de abril de 2015.

ODELL, B. (2014): "Shaping the future of undergraduate engineering education". Disponible en: <http://www.hok.com/uploads/2014/07/25/stwhitepapersengineering-edfinal85x11.pdf>. Consultado el 10 de junio de 2016.

OECD (2009): *Policy responses to the economic crisis: Investing in innovation for long-term growth*, OECD.

OECD (2010): *Working paper 21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries*, EDU Working paper n° 41, París, OCDE.?

OSORIO, C. (2009): "La participación pública en sistemas tecnológicos: Lecciones para la educación CTS", en M. Martín (coord.): *Educación, ciencia, tecnología y sociedad, Documentos de Trabajo*, n° 3, Madrid, OEI.

OSORIO, C. (2015): *La gestión del agua. Implicaciones de la participación de expertos y ciudadanos*, Madrid, La Catarata-OEI.

OSORIO, C. y MARTINS, I. (2011): "La educación científica y tecnológica para el Espacio Iberoamericano de Conocimiento", en M. Albornoz y J. A. López (eds.): *Ciencia, tecnología y universidad en Iberoamérica*, Buenos Aires, Eudeba-Universidad de Buenos Aires-OEI.

178

PACEY, A. (1983): *La Cultura de la tecnología*, México, Fondo de Cultura Económica.

PERALES, H. (2014): "Agua y saneamiento autoconstruido en La Paz (Bolivia)", en *Integra Educativa*, vol. 8, n° 1, pp. 139-156. Disponible en: <https://www.academia.edu/>. Consultado el 22 de abril de 2015.

PÉREZ-VERA, A. y ORTIZ-TORRES, B. (2013): "Participación ciudadana en la transformación del manejo del agua en Puerto Rico", *Revista Puertorriqueña de Psicología*, vol. 24, pp. 1-16. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/2332/233227551007.pdf>. Consultado el 3 de abril de 2015.

PHILIPS, R. (2003): *Stakeholder theory and organizational ethics*, San Francisco, Berrett-Koehler.

PIGNATARO, G. y ESPÍNOLA, J. (s/f): "El monitoreo ambiental ciudadano: Espacio para la educación y la participación social en la calidad del agua de las cuencas de Montevideo". Disponible en: <http://www.fnca.eu/biblioteca-del-agua/documentos/documentos/1306271428-1917.pdf> / . Consultado el 3 de abril de 2015.

RAMÍREZ, A. (2013): "Participación indígena: Desarrollo y alcances en torno a la participación ambiental", *Revista Ius et Praxis*, vol. 19, n° 2, pp. 251-300. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/iusetp/v19n2/art08.pdf>. Consultado el 4 de abril de 2015.

RENN, O., WEBLER, T. y WIEDEMANN, P. (1995): "A need for discourse on citizen participation: objectives and structure of the book", en O. Renn, T. Webler y P. Wiedemann (eds.): *Fairness and competence in citizen participation*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

RESTREPO, I. (2004): "Tendencias mundiales en la gestión de recursos hídricos: Desafíos para la ingeniería del agua", *Ingeniería y Competitividad*, vol. 6, n° 1.

ROJAS, J., PÉREZ, M., TADEO, M., MADERA, C., GUIMARÃES, M. y DOS SANTOS, R. (2013): "Análisis comparativo de modelos e instrumentos de gestión integrada del recurso hídrico en Suramérica: Los casos de Brasil y Colombia", *Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, vol. 8.

ROWE, G., y FREWER, L. (2005): "A typology of public engagement mechanisms", *Science, Technology, & Human Values*, vol. 30, n° 2, pp. 251-290.

SANNAZZARO, J. (2011): "Controversias científico-públicas. El caso del conflicto por las "papeleras" entre Argentina y Uruguay y la participación ciudadana", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad -CTS*, vol. 6, n° 17. Disponible en: <http://revistacts.net/>. Consultado el 5 de abril de 2015.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (2008): *Estrategia Nacional para la Participación Ciudadana en el Sector Ambiental*, México. Disponible en: <http://www.oei.es/decada/enapci.pdf> /. Consultado el 3 de abril de 2015.

179

UNESCO (2015): *Public participation and water resources management: Where do we stand in international law?*. Disponible en: http://www.unige.ch/droit/eau/une/public/Publication_Participationdupublic.pdf. Consultado el 1 de abril de 2015.

UNITED NATIONS CENTRE FOR HUMAN SETTLEMENTS (1996): *An urbanising world: Global report on human settlements*, Oxford, Oxford University Press.

USECHE, C. (2012): "Agua y saneamiento rural: Oportunidades para la participación comunitaria en Colombia", *Banco Interamericano de Desarrollo*. Disponible en: <http://publications.iadb.org>. Consultado el 2 de abril de 2015.

WAKS, L. (1996): *Filosofía de la educación en CTS. Ciclo de responsabilidad y trabajo comunitario*, en A. Alonso et al.: Para comprender ciencia, tecnología y sociedad, Pamplona, Ed. Verbo Divino.

WATER AND SANITATION PROGRAM. (2007): *Agua, género y ciudadanía. Incluyendo a hombres y mujeres en la gestión de los servicios de agua y saneamiento*, Lima, Editorial S.A.C. Disponible en: <http://www-wds.worldbank.org/>. Consultado el 1 de abril de 2015.

WEBLER, T. y RENN, O. (1995): "A brief primer on participation: Philosophy and practice", en O. Renn, T. Webler y P. Wiedemann (eds.): *Fairness and competence in*

citizen participation: Evaluating models for enviromental discourse, Netherlands, Springer, pp. 17-33.

WILLISON, L. (2016): "Three trends in engineering education". Disponible en: <http://www.tgdaily.com/social/134821-three-trends-in-engineering-education#7FdOLA TyIXVcYP2r.99>. Consultado el 10 de junio de 2016.

WOLKMER, M. y FREIBERGER, N. (2013): "Política nacional de recursos hídricos: governança da água e cidadania ambiental", *Seqüência (Florianópolis)*, n° 67, pp. 165-198. Disponible en: <https://periodicos.ufsc.br/>. Consultado el 5 de abril de 2015.

WORLD COMMISSION FOR WATER IN THE 21ST CENTURY. (2000): "A water secure world: Vision for water, life and the environment". Disponible en: <http://www.serageldin.com/CommissionReport.pdf>. Consultado el 10 de marzo de 2016.

WWAP. (2015): *Agua para un mundo sostenible*. Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015, Unesco.

**Práticas Integradas de Educação em Ciências:
um Programa de Formação Contínua para Professores com Cariz CTS**

**Prácticas integradas de educación en ciencias:
un programa de formación continua para profesores con cariz CTS**

***Integrated Practices In Science Education:
An Ongoing Training Program For Teachers With A STS Outlook***

Ana V. Rodrigues e Patrícia João *

O estudo que se apresenta teve como principal finalidade conceber, implementar e avaliar um programa de formação contínua para professores do 1.º Ciclo do Ensino Básico na área da Educação em Ciências. Este programa de formação visou a promoção de competências de planificação, implementação e avaliação de práticas integradas de educação formal e não-formal em ciências com enfoque CTS. O estudo contou com a participação de 12 professores-formandos da Escola Ciência Viva de Vila Nova da Barquinha, a única escola do 1.º Ciclo em Portugal que tem nas suas instalações um Centro Integrado de Educação em Ciências. Como técnicas de recolha de dados optou-se pelo inquérito por questionário, observação participante e compilação documental. Os dados foram analisados com recurso à técnica de análise de conteúdo através de um sistema categorial misto. A análise dos dados aponta para o facto dos professores-formandos terem desenvolvido diversas aprendizagens, nomeadamente a nível: das orientações de Educação em Ciências; da gestão dos processos de ensino e de aprendizagem das ciências; e da avaliação das aprendizagens das crianças. Este estudo aponta assim no sentido de que o programa de formação desenvolvido foi potenciador do desenvolvimento profissional dos professores-formandos, em particular, no que respeita a um incremento e melhoria das suas práticas integradas de educação formal e não-formal em ciências.

Palavras-chave: educação em ciências no 1.º CEB, CTS, práticas integradas de educação em ciências, formação de professores

181

* Centro de Investigação "Didática e Tecnologia na Formação de Formadores", Departamento de Educação e Psicologia, Universidade de Aveiro, Portugal. Emails: arodrigues@ua.pt e pat.joao@ua.pt.

El presente artículo tuvo como principal finalidad concebir, implementar y evaluar un programa de formación continua para profesores del 1º Ciclo de Enseñanza Básica en el área de educación en ciencias. Este programa de formación se propuso incentivar competencias de planificación, implementación y evaluación de prácticas integradas de educación formal y no formal en ciencias con un enfoque CTS. Participaron de este estudio doce profesores en formación de la Escuela Ciência Viva de Vila Nova da Barquinha, única escuela del 1º Ciclo en Portugal que cuenta en sus instalaciones con un Centro Integrado de Educación en Ciencias. Las técnicas de recolección de datos fueron la encuesta por cuestionario, la observación participante y la compilación documental. Los datos se analizaron según la técnica de análisis de contenido mediante un sistema categorial mixto. El análisis de los datos señala que los profesores en formación desarrollaron diversos aprendizajes, entre ellos orientaciones de educación en ciencias, gestión de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, y evaluación de los aprendizajes de los niños. Este artículo concluye que el programa de formación desarrollado potenció el desarrollo profesional de los estudiantes de profesorado, particularmente en lo que se refiere a un incremento de sus prácticas integradas de educación formal y no formal en ciencias.

Palabras clave: educación en ciencias en el 1º CEB, CTS, prácticas integradas de educación en ciencias, formación docente

This paper aims mainly at conceiving, implementing and evaluating an ongoing training program for teachers of the first cycle of basic education in the area of science education. This training program was proposed to encourage planning, implementation and integrated practice assessment competences in formal and non-formal science education with a STS outlook. Twelve teaching trainees from the Escola Ciência Viva de Vila Nova da Barquinha, the only first cycle school in Portugal which has in an Integrated Center for Science Education, participated in this study. Data collection techniques used consisted of questionnaires, participant observation and documental compilation. The information was analyzed following a content analysis technique with a mixed category system. Data analysis shows that teachers undergoing training developed different types of learning, including science education orientations, management of science teaching and learning processes, and children's learning assessment. This paper concludes that the training program boosted the professional development of teacher trainees, especially in terms of an increase and improvement of their integrated practices of formal and non-formal education in science.

Key words: science education in the first cycle of basic education, integrated practices of science education, teaching training

Introdução

O exercício de uma cidadania fundamentada, responsável e solidária implica a compreensão da dimensão científica das atuais problemáticas. Neste sentido é fundamental promover a literacia científica de todos os cidadãos, nomeadamente através da promoção do ensino formal das ciências desde os primeiros anos de escolaridade, independentemente da profissão que venham a exercer. Contudo a educação em ciências em contextos formais por si só, não é suficiente. Os contextos de educação em ciências não-formais e informais são, também, componentes fundamentais para a promoção da literacia científica da população numa perspetiva de aprendizagem ao longo da vida. Aliás, orientações nacionais e internacionais para a educação em ciências, sobretudo em países ocidentais, já recomendam complementar o currículo de ciências com experiências em contextos não-formais, sugerindo, como parte importante da formação dos estudantes, experiências pessoais e sociais em ambientes fora da escola (Guisasola e Morentin, 2007; ICSU, 2011).

No entanto são muitos os estudos que sugerem uma preparação deficitária dos professores para a planificação, orientação e avaliação de visitas de estudo a espaços de educação não-formal, bem como para promover a sua articulação com o currículo escolar (Faria e Chagas, 2012; Guisasola e Morentin, 2007; Rodrigues, 2011). Face a esta emergente realidade, Rodrigues *et al.* (2015) alertam para a necessidade de se incorporar estas recomendações no desenho de programas de formação inicial e contínua de professores, nomeadamente ao nível dos conteúdos relacionados com a formulação de objetivos de aprendizagem e da seleção de estratégias e atividades apropriadas para a aprendizagem em espaços de educação não-formal (museus/centros de ciência), contribuindo-se assim para a promoção de uma perspetiva integrada de educação em ciências.

183

É tendo por base esta problemática, e tentando colmatar alguma desta preparação deficitária para desenvolver práticas integradas de educação em ciências (PIEC), que o presente artigo pretende dar conta do desenvolvimento de um programa de formação contínua para professores do 1.º CEB, que incidiu na promoção de PIEC com enfoque CTS. Este decorreu na Escola Ciência Viva de Vila Nova da Barquinha (ECV-VNB), a qual integra um Centro Integrado de Educação em Ciências - CIEC, o que lhe confere identidade e potencial ímpar enquanto ambiente integrado de formação.¹ O CIEC corporiza-se na criação de um espaço de educação não-formal de ciências dentro de uma instituição de educação formal, e na criação de um laboratório de ciências concebido especialmente para realizar atividades práticas de ciências no âmbito da educação formal, para o 1.º CEB. Trata-se de uma inovadora perspetiva de organização da educação em ciências, integrando o formal e o não-formal (Rodrigues, 2011).

1. Mais informação em: <http://www.ciec.vnb.pt>.

Neste programa de formação, intitulado “Práticas integradas de educação formal e não-formal em ciências”, foram explorados os temas: “rochas e minerais” e “rampas, alavancas e roldanas”, temas estes solicitados pelos 12 professores-formandos (PF) participantes que lecionavam na ECV-VNB a turmas do 1.º CEB.²

O presente estudo teve assim como principal finalidade avaliar o programa de formação desenvolvido através dos seus efeitos no desenvolvimento profissional dos PF, nomeadamente nas suas práticas pedagógicas.

1. Contextualização teórica

Neste ponto apresentam-se as principais linhas de enquadramento teórico que serviram de suporte ao estudo.

1.1. Educação formal, não-formal e informal

De acordo com a clarificação concetual e terminológica apresentada por Rodrigues (2011 e 2016), assume-se no presente estudo, que a educação se caracteriza pelo processo que resulta em aprendizagens de conteúdos considerados valiosos através do desenvolvimento de atividades (de ensino e ou autoaprendizagem). Se estes conteúdos foram vinculados ao currículo e programas oficiais, visando uma qualificação ou graduação, considera-se que se trata de educação formal e de ensino formal. Se estes conteúdos não estão vinculados ao currículo e programas oficiais, nem visam, necessariamente, uma qualificação ou graduação, considera-se que se trata de educação não-formal e de ensino não-formal. Já a educação informal é aquela que se realiza não intencionalmente ou, pelo menos, sem a intenção de educar (ou seja, não há ensino), quando, em decorrência de atividades ou processos desenvolvidos sem a intenção de produzir a aprendizagem, pessoas vêm a aprender certos conteúdos considerados valiosos.

Quando um professor desenvolve uma visita de estudo, esta é uma atividade de educação formal, que poderá decorrer num espaço de educação não-formal (museu, centro interativo de ciência, Jardim Zoológico) ou informal (praia, pinhal, jardim, ruas).

A educação não-formal e a informal, ocorrem fora da escola, em outras instituições, ou de maneira inteiramente não institucionalizada, assim como podem ocorrer dentro da própria escola coexistindo com a educação formal (exposições).

2. Programa de formação creditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua, com o registo n.º CCPFC/ACC-83184/15

1.2. Práticas integradas de educação em ciências (PIEC)

A perspetiva integrada de educação em ciências preconiza o ensino e a aprendizagem integrada das ciências em contextos de educação formal, não-formal e informal, interconectando diferentes áreas do saber e com enfoque na exploração de temáticas CTS.

De acordo com Rodrigues (2011), considera-se que as PIEC incorporam várias dimensões de integração das quais se destaca: integração dos conceitos e fenómenos científicos com a realidade global numa perspetiva CTS; integração das aprendizagens e/ou atividades desenvolvidas em contexto formal, não-formal e informal; integração da educação em ciências ao longo da vida dos indivíduos; integração a nível intergeracional; integração interciclos; integração multi, inter e transdisciplinar, através do desenvolvimento de atividades/projetos de cariz interdisciplinar, tendo subjacente uma abordagem holística de temáticas atuais.

As PIEC podem assim ser entendidas como um conceito didático que não se dissocia do próprio conceito de educação e como um constructo que concebe o desenvolvimento do ser humano como um todo (Paixão, 2015, referida em Rodrigues *et al.*, 2015).

1.3. Formação de professores no âmbito das PIEC

Em Portugal, foi desenvolvido, por Rodrigues *et al.* (2015), um estudo de âmbito nacional, que visou identificar, caracterizar e partilhar, a nível de Instituições de Ensino Superior (IES) portuguesas, ações desenvolvidas nos cursos de formação de profissionais de educação, que potenciasssem a promoção de competências de planificação, implementação e avaliação de PIEC. Para este estudo foram inquiridos todos os responsáveis de cursos da área das ciências, tendo-se aferido que, embora todos os responsáveis participantes considerem as PIEC muito importantes, 11% admite não se desenvolver PIEC em qualquer das Unidades Curriculares (UC) dos seus cursos e 89% afirma haver PIEC nos seus cursos. Destes apenas metade deram conta da existência de PIEC nas UC de forma explícita. Neste sentido, 65% dos respondentes revelaram que a preparação dos seus estudantes para desenvolver PIEC, nas suas futuras práticas profissionais, é insuficiente.

Também a formação contínua se assume como relevante para mudanças no âmbito da implementação das PIEC, e, nessa perspetiva urge criar programas de formação com este intuito. Rodrigues (2011) concebeu, planificou, desenvolveu e avaliou um programa de formação contínua para promoção de PIEC, para 17 professores do 1.º CEB, e concluiu que o facto destes terem participado no programa de formação contribuiu para o desenvolvimento de PIEC, o que teve repercussões positivas nas aprendizagens das ciências realizadas pelos seus alunos. Estes resultados são consonantes com os de estudos internacionais, que indicam haver correspondência entre a melhoria das práticas de ensino, nomeadamente na diversificação de métodos e estratégias, dos professores e a melhoria das aprendizagens dos alunos (OCDE, 2009).

Quatro dos professores participantes no estudo de Rodrigues (2011) também são participantes no estudo que se apresenta neste artigo, pelo que também se irá analisar se essa anterior participação teve influência no seu desempenho e nível de desenvolvimento profissional no âmbito da atual formação.

2. Programa de Formação “Práticas integradas de educação formal e não-formal em ciências”

O programa de formação “Práticas integradas de educação formal e não-formal em ciências” assumiu o formato de oficina e emergiu da necessidade manifestada por um grupo de professores do 1.º CEB da ECV-VNB.

Para a conceção deste programa de formação tiveram-se em consideração: i) as necessidades e aspirações evidenciadas pelos professores; ii) a partilha e reflexão sobre experiências realizadas, nomeadamente noutras formações; iii) a prioridade na realização de atividades práticas de ciências de cariz CTS, sempre numa vertente prática, para que as possam implementar com as crianças; iv) a realização de trabalho em grupo; e v) a existência de atividades integradas de formação em contextos de educação em ciências formal, não-formal e informal (Rodrigues, 2011).

O programa de formação contemplou 25 horas trabalho presencial e 25 horas trabalho não presencial e foi frequentado por 12 PF.

186

As sessões presenciais decorreram em ambientes formal (laboratório), não-formal (CIEC) e informal (ruas e Parque de Escultura Contemporânea de Almourol). Nas sessões não presenciais os PF desenvolveram atividades com uma turma do 1.º CEB, em contexto formal, não-formal e/ou informal, elaboraram e apresentaram uma comunicação-poster onde descreveram todo o processo de conceção, planificação, implementação e avaliação das atividades desenvolvidas com as crianças, bem como uma reflexão individual (RI) sobre o impacto de todo este processo formativo no seu desenvolvimento profissional.

2.1. Descrição das sessões de formação

O programa de formação desenvolveu-se ao longo de 8 meses (março a novembro de 2015), em 6 sessões presenciais. Estas sessões encontram-se sistematizadas na **Tabela 1**.

Tabela 1. Calendarização das várias sessões e ambientes respetivos em que decorreram

Sessão (S)	Data	Hora	Sessão em ambiente		
			Formal	Não-formal	Informal
I	28 março 2015	10h 00min – 13h 00min 14h 30 min – 17h 30min	X		X
II	10 abril de 2015	16h 30min – 19h 00min	X	X	
III	11 abril de 2015	09h 00min – 13h 00min 14h 30min – 17h 00min	X X		
IV	23 maio de 2015	09h 00min – 13h 00min 14h 30min – 17h 30min	X	X	
V e VI	2 julho ou 2 de novembro de 2015	10h 00min– 13h 00min	X		

Descrevem-se, de seguida, cada uma das sessões do programa de formação.

Sessão I – Fez-se uma breve introdução fundamentando a importância da educação em ciências desde os primeiros anos nas suas vertentes formal, não-formal e informal, bem como as principais orientações de educação em ciências para estes níveis de ensino.

187

Para dar início à exploração da temática “rochas e minerais” partiu-se da identificação das experiências dos PF, através da resposta a um questionário, onde, se solicitou que descrevessem como usualmente costumam explorar a referida temática com as suas crianças em contexto de sala de aula e em contexto não-formal e/ou informal. Assim, partindo da partilha dessas experiências, discutiram-se outras possibilidades de abordagem da temática.

Posteriormente contextualizou-se a visita de estudo que se iria realizar da parte da tarde. Esta visita incluiu o percurso pedonal pelas ruas de VNB e a exploração do Parque de Escultura Contemporânea de Almourol em VNB, onde estão expostas obras dos autores mais representativos da escultura contemporânea portuguesa, com obras de materiais diferentes, nomeadamente granito, betão, ferro e mármore.

Neste âmbito exploraram-se as fases previstas numa visita de estudo (antes, durante e após), optando-se assim por uma estratégia similar ao que seria desejável que desenvolvessem com as crianças das suas turmas.

Ao longo desta visita foram sendo identificadas aplicações e usos de rochas e minerais no dia-a-dia. Preconizou-se que os PF vivenciassem e explorassem eles próprios em ambiente de formação distinto, atividades que pudessem desenvolver com as suas crianças. Durante a visita de estudo os PF fizeram registos escritos e fotográficos do que observavam, para posterior discussão entre pares e com as formadoras-investigadoras.

Sessão II — Fez-se uma reflexão sobre a visita de estudo realizada na sessão anterior, sistematizando-se aplicações diretas e indiretas de rochas e minerais. Foram analisadas e discutidas as fotografias, tiradas durante a visita de estudo, para clarificação de algumas ideias, conceitos e processos, nomeadamente, através da exploração de um ciclo das rochas.

Posteriormente, promoveu-se a exploração de um conjunto de amostras de mão de rochas, nomeadamente quanto à sua origem, classificando-as em sedimentares, magmáticas ou metamórficas. Esta parte da exploração teve como objetivo aprofundar o conhecimento de conteúdo disciplinar dos PF e não ser uma proposta de abordagem com as crianças do 1.º CEB.

Figura 1. Kits de rochas organizados pelos PF



188

Como proposta para a abordagem do tema com as crianças foi explorado um kit com 8 amostras (**Figura 1**), a saber: granito, basalto, sal-gema, areias, calcário, mármore, xisto e ardósia. Esta seleção de rochas teve como critérios, nomeadamente ter exemplares de rochas existentes no meio local (ex. granito no Castelo de Almourol, areia nas margens do rio Tejo) e terem utilizações/aplicações conhecidas das crianças (ex. sal-gema das salinas de Rio Maior). Os PF exploraram e registaram características das amostras de rochas, tais como: cor, textura, grau de consolidação e presença de cristais visíveis a olho nu. Nesta proposta propunha-se também que as crianças pesquissassem (tendo por base um guião de pesquisa, com questões orientadoras, e com sugestões de sites e bibliografia) sobre a formação e a utilidade destas rochas, assim como se existiam na região delas. No final caberia ao professor a exploração destes resultados e apoio na sistematização de conclusões.

De seguida visitou-se o CIEC, mais concretamente o módulo “Rochas em que Tropeças” (**Figura 2**), onde puderam visualizar num mapa as principais rochas do concelho e sua localização, assim como apreciar alguns exemplares das mesmas.

Figura 2. Fotografias do módulo “As rochas em que tropeço” e do mapa presentes no CIEC



O facto deste recurso existir dentro da própria escola, não poderá deixar de ser integrado aquando da exploração desta temática pelos professores com as suas crianças. Da mesma forma outros módulos existentes no CIEC, tais como, a tenda da arqueologia e paleontologia também devem ser rentabilizados para a exploração da temática das rochas e minerais.

Figura 3. Kits de minerais organizados pelos PF

189



Sessão III — Iniciou-se esta sessão fazendo a ligação entre rochas e minerais, ou seja, que todas as rochas são constituídas por minerais. Explorou-se um kit didático (**Figura 3**) que inclui 11 amostras de mão de minerais, a saber: magnetite, pirite, grafite, hematite, talco, halite, calcite, ortoclase (feldspato), quartzo, fluorite e gesso. O kit inclui também um prego de ferro, uma placa de cerâmica, uma lima, uma placa de vidro e uma moeda de cobre. Analisaram-se algumas das suas propriedades (cor, brilho e cor do traço), fazendo os registos numa tabela especificamente desenvolvida para o efeito.

Os minerais explorados foram selecionados segundo alguns critérios, por exemplo, utilidade no quotidiano, a sua exploração em locais de proximidade ou possuírem alguma propriedade peculiar, por exemplo: a hematite e a magnetite por terem propriedades magnéticas.

Sessão IV — Iniciou-se esta sessão relacionando a temática “rochas e minerais” com as “rampas, alavancas e roldanas”, nomeadamente no uso destas máquinas simples para o transporte das rochas ao longo do tempo e para as içar nas construções. Depois de uma breve contextualização, visitaram-se os módulos do CIEC “Testa a tua força!” (**Figura 4**) e “Mantém a barca em equilíbrio!” (**Figura 5**), onde foram contextualizadas novamente as relações entre as temáticas desta formação.

Figura 4. Fotografias do módulo “Testa a tua força!”



190

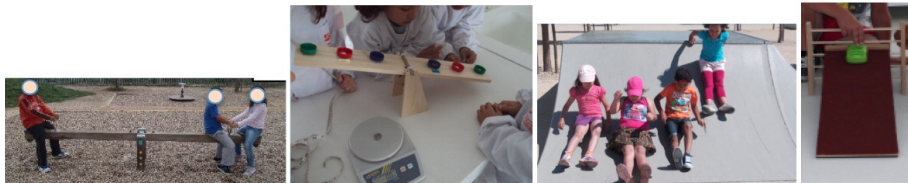
Figura 5. Fotografias do módulo “Mantém a barca em equilíbrio!”



De volta ao laboratório, foram realizadas diversas atividades práticas experimentais do tipo investigativo (com controlo de variáveis) através da exploração de recursos didáticos sobre a temática de rampas, alavancas e roldanas.

No final das sessões de exploração das temáticas, os PF foram desafiados a planificar, implementar e avaliar uma atividade integrando contextos de educação formal, não-formal e /ou informal, com as crianças da sua turma, sobre um dos temas explorados (“rochas e minerais” ou “rampas, alavancas e roldanas”), para posteriormente apresentarem aos colegas em formato de comunicação-poster.

Figura 6. Exploração de outros contextos e kits de rampas e alavancas construídos/adaptados pelos PF e experimentados pelas crianças em sala de aula



Na sessão V e VI apresentaram-se e discutiram-se as comunicações-poster de todos os PF, que continham a descrição ilustrada da atividade que desenvolveram com as crianças.

191

3. Metodologia: da recolha à análise dos dados e apresentação dos resultados

A investigação aqui apresentada, de cariz qualitativo-descritivo, assume características de um estudo de caso. Como procedimento de recolha de dados foram utilizados: o inquérito por questionário; observação participante com recurso a notas de campo pelas formadoras-investigadoras e compilação documental (planificações e descrições das sessões, registos efetuados pelas formandas durante as sessões, comunicações-poster, reflexões individuais e grelhas de auto e heteroavaliação). Fundamentalmente, recorreu-se à técnica de análise de conteúdo do tipo categorial (Bardin, 2009) para se proceder à análise dos dados.

Apresenta-se de seguida a análise dos dados e alguns resultados, tendo por base a finalidade do estudo.

3.1. Efeitos da formação no desenvolvimento profissional dos PF

Para fazer a avaliação dos efeitos da formação no desenvolvimento profissional dos PF, aplicou-se o instrumento de análise “Desenvolvimento profissional dos PF e PIEC” (Tabela 2) às RI dos 12 PF. Para além disso solicitou-se aos PF que fizessem

a autoavaliação do seu desempenho após a formação relativamente a cada um dos objetivos de aprendizagem esperados alcançar com a formação, coincidentes com os parâmetros de análise do instrumento de avaliação.

Tabela 2. Instrumento de análise “Desenvolvimento profissional dos PF e PIEC”

Dimensões de análise (DA)	Parâmetros de análise (PA)
Orientações de educação em ciência	1. Reconhece e compreende a importância de uma educação científica para todos desde os primeiros anos de escolaridade.
	2. Conhece as diferentes perspetivas de educação em ciências e compreende as suas implicações no ensino das ciências em contextos formais e não-formais. 3. Valoriza a importância de um ensino integrado das ciências.
Gestão dos processos de ensino e aprendizagem das ciências	4. Domina os conteúdos científicos inerentes aos temas abordados na formação, a um nível ajustado ao ciclo de escolaridade que leciona. 5. Conhece e domina diferentes metodologias e estratégias de ensino sobre temas abordados. 6. Desenvolve atividades de ciências em espaços formais, não-formais e informais.
Avaliação das aprendizagens dos alunos	7. Avalia o progresso dos alunos nas aprendizagens alcançadas.

192

Assim e através da análise das RI e da grelha de autoavaliação dos PF (**Tabela 3**) verificou-se que todos evidenciaram que a formação contribui de forma positiva para o seu desenvolvimento profissional com implicações nas suas práticas pedagógicas. Apresenta-se, como exemplo, o excerto abaixo da RI do PF4.

“No que se refere ao meu desenvolvimento profissional, assumo que a participação nesta oficina de formação, abriu-me novos horizontes em relação à realização de atividades experimentais com os alunos e estou certa que irei reajustar a minha prática pedagógica, melhorando algumas das minhas metodologias nesta área.”

Tabela 3. Autoavaliação dos PF após a formação

Dimensões de análise (DA)	Parâmetros de análise (PA)	% de PF que se autoavaliam nos níveis:				
		Mínimo / Máximo				
		1	2	3	4	5
Orientações de educação em ciência	1. Reconhece e compreende a importância de uma educação científica para todos desde os primeiros anos de escolaridade.				17%	83%
	2. Conhece as diferentes perspetivas de educação em ciências e compreende as suas implicações no ensino das ciências em contextos formais e não-formais.		25%	68%	17%	
	3. Valoriza a importância de um ensino integrado das ciências.			42%	58%	
Gestão dos processos de ensino e aprendizagem das ciências	4. Domina os conteúdos científicos inerentes aos temas abordados na formação, a um nível ajustado ao ciclo de escolaridade que leciona.		17%	33%	50%	
	5. Conhece e domina diferentes metodologias e estratégias de ensino sobre temas abordados.		25%	75%		
	6. Desenvolve atividades de ciências em espaços formais, não-formais e informais.			33%	67%	
Avaliação das aprendizagens dos alunos	7. Avalia o progresso dos alunos nas aprendizagens alcançadas.			55%	45%	

193

Na DA Orientações de Educação em Ciências verificou-se que todos os PF consideram estar no nível 4 e 5 no PA1 “Reconhece e compreende a importância de uma educação científica para todos desde os primeiros anos de escolaridade” e PA3 “Valoriza a importância de um ensino integrado das ciências”. Também nas RI os PF evidenciam esses parâmetros, tal como se ilustra através do excerto seguinte da RI da PF8.

“A promoção da educação científica implica o reconhecimento da interação entre Ciência e a melhoria da qualidade de vida dos indivíduos em geral. Nesse sentido, é desejável que o ensino integrado das Ciências no currículo escolar se inicie desde os primeiros anos de escolaridade e seja abordado em ambientes educativos não-formais e formais. Dado o impacto dessa dimensão na aprendizagem e formação cívica dos alunos, será também fundamental proporcionar aos docentes programas de formação que fomentem o gosto pela exploração de situações didáticas para o ensino das Ciências.”

Em relação ao PA2 “Conhece as diferentes perspetivas de Educação em Ciências e compreende as suas implicações no ensino das ciências em contextos formais e não-formais”, verificou-se que 25% dos PF se situou no nível 3 (razoável), o que indicia uma consciência por parte de alguns PF de lacunas no seu conhecimento sobre perspetivas de educação em ciências e implicações para o ensino integrada das mesmas. Apesar de apenas 17% dos PF se ter posicionado no nível máximo (5), a maioria (68%) situou-se no nível 4, o que indicia que a maior parte dos PF considera estar num bom nível em relação a este PA. Nas RI também foram identificados excertos com evidências no âmbito deste PA em alguns PF, tal como se ilustra no exemplo seguinte.

“Decidi [...] como desafio pessoal [...] desenvolver com alunos do 2.º ano uma atividade prática do tipo investigativo onde pretendi: promover o ensino experimental contextualizado; tornar os alunos participantes ativos e não meros espetadores; levar os alunos a descobrir por si, que eles próprios, ainda que sob alguma orientação, podem ser construtores do conhecimento e que essa construção pode ser um prazer; desenvolver competências básicas, de investigação e de comunicação” (RI-PF8).

194

Na DA Gestão dos processos de ensino e aprendizagem das ciências, e relativamente ao PA4 “Domina os conteúdos científicos inerentes aos temas abordados na formação, a um nível ajustado ao ciclo de escolaridade que leciona”, constatou-se que alguns PF (17%) se situam no nível 3 (razoável), indiciando-se assim que, mesmo após a formação, ainda apresentam lacunas relativamente ao conhecimento de conteúdo disciplinar. Esta situação terá, inevitavelmente consequências, no como ensinar esses conteúdos e isso verifica-se no posicionamento dos PF no PA5, tal como veremos abaixo. Todavia, metade dos PF consideram estar no nível máximo e 33% no nível 4.

O PA5 “Conhece e domina diferentes metodologias e estratégias de ensino sobre temas abordados” é o único em que nenhum PF se situa no nível máximo e em que mais PF (25%) se posicionam no nível 3 (razoável). Isto indicia que, mesmo após a formação, alguns PF consideram que apresentam ainda carências e inseguranças relativas ao como ensinar determinados temas de ciências às suas crianças, o que poderá estar também relacionado com o facto de alguns PF não dominam bem os conteúdos a ensinar. Porém, 75% dos PF situa-se no nível 4.

Nas RI os PF fizeram referência ao contributo da formação para o incremento do seu conhecimento de conteúdo disciplinar e didático, tal como se ilustra no excerto seguinte.

“A formação que realizei superou as minhas expetativas iniciais. Desta forma consegui aprofundar algumas competências efetuando aprendizagens quer a nível de conteúdo, quer a nível metodológico, o que me permitiu melhorar a minha prática pedagógica no que respeita ao ensino das ciências” (RI-PF5).

Quanto ao PA6 “Desenvolve atividades de ciências em espaços formais, não-formais e informais”, todos os PF consideram estar nos níveis mais elevados (33% no 4 e 67% no 5). De igual forma, nas suas RI os PF também fazem referência explícita ao contributo da formação para o desenvolvimento desta competência, como se ilustra no excerto abaixo.

“Esta oficina de formação [...] elucidou[-me] sobre a melhor forma de articular ambientes formais e não-formais” e “[...] permitiu-me desenvolver uma maior autoconfiança para a implementação de atividades práticas integradas de educação em ciências” (RI-PF8).

Ao nível DA Avaliação das aprendizagens dos alunos e relativamente ao PA7 “Avalia o progresso dos alunos nas aprendizagens alcançadas” os PF autoavaliam-se entre os níveis 4 (55%) e 5 (45%). Este parâmetro é considerado por alguns PF como aquele em que mais evoluíram com esta formação, tal como se exemplifica nos excertos seguintes:

“o item avaliação das aprendizagens dos alunos foi, pessoalmente, o mais significativo e que me levou a refletir sobre o processo de aprendizagem dos alunos” (RI-PF5).

“Cada vez mais, ciente da sua [instrumentos de avaliação] importância, a forma e o efeito das aprendizagens adquiridas pelos alunos são melhoradas através de instrumentos de auto e heteroavaliação, instrumentos essenciais e indispensáveis para uma avaliação consciente e justa” (RI-PF3).

195

Ao longo das sessões de formação foi notório o interesse e empenho dos PF, denunciando a necessidade que sentiam desta formação, e de quanto ficaram motivados para a exploração destas temáticas com as suas crianças. O excerto abaixo da RI da P5 corrobora esta perceção das formadoras-investigadoras:

“Com a realização desta [...] formação senti-me mais motivada e segura na exploração das temáticas de ciências abordadas, conseguindo motivar e mobilizar os alunos para uma melhor educação em ciências”.

Em suma, no final da formação, nenhum PF se posicionou nos níveis mais baixos (1 ou 2) em qualquer um dos PA.

O PA1 foi aquele em que mais PF (83%) se situaram no nível máximo (5), o que remete para uma grande consciência por parte destes PF da importância da educação em ciências desde dos primeiros anos, condição basilar para pautarem as suas práticas nesse sentido.

Os PA 2, 4 e 5 foram aqueles em que houve PF que se situaram no nível 3 (razoável), indiciando que, mesmo após a formação, consideram que precisam dominar melhor as diferentes perspectivas de Educação em Ciências e o conhecimento de conteúdo científico disciplinar e didático.

De qualquer forma em todos os PA, a maioria dos PF situou-se sempre nos níveis superiores (4 e 5) e todos os PF reconheceram nas suas RI o contributo da formação realizada para a melhoria das suas competências e das suas práticas de ensino das ciências.

3.2. Caracterização das práticas dos PF antes e após a formação

Para a caracterização das práticas dos PF, antes e após a formação, teve-se por base as suas respostas ao questionário inicial e as atividades desenvolvidas pelos PF com as suas turmas no final da formação. Para tal utilizou-se como instrumento de análise a lista de verificação “PIEC: antes e após a formação” (**Tabela 4**) adaptado de um outro instrumento utilizado por Rodrigues (2011).

Dos 12 PF, cinco (PF: 1, 3, 6, 9 e 10) selecionaram a temática “Rochas e Minerais” e sete (PF: 2, 4, 5, 7, 8, 11 e 12) selecionaram a temática “Rampas, alavancas e roldanas”. Todos conceberam e planificaram uma atividade sobre uma dessas temáticas integrando contextos de educação formal, não-formal e/ou informal e desenvolveram-na com uma turma do 2.º e/ou 3.º anos do 1.º CEB (em média com 26 crianças).

Na **Tabela 4** apresenta-se a comparação das PIEC dos PF, antes e após a formação, tendo por base os PA definidos.

Tabela 4. PIEC: antes e após a formação

Parâmetros de análise (PA)	Professores-Formandos (PF)															
	PF6		PF7		PF12		PF3		PF1		PF 4, 5, 9, 10 e 11		PF2		PF8	
	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Após	Após
1. Exploração e integração de atividades em contextos de educação formal, não-formal e ou informal	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
2. Definição das aprendizagens a alcançar pelas crianças	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
3. Contextualização da atividade	-	X	-	X	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X
4. Formulação de questões-problema	-		X	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
5. Levantamento e registo das ideias das crianças	-	X	X	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	X	X
6. Planificação das experiências/procedimentos com as crianças	-	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-	X	-	X	-	X
7. Seleção e preparação de recursos adequados	-	-	-	-	-	-	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
8. Experimentação: observação, medição e registo sistematizado dos dados	X	X	X	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X
9. Análise, discussão dos dados e sistematização das conclusões	-	-	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
10. Resposta às questões-problema	-	-	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
11. Avaliação das aprendizagens	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X	-	X
Total de PA contemplados/ PF	1	6	3	9	1	10	2	10	1	11	1	11	2	11	3	11

Legenda: X evidencia; - não evidencia

De acordo com análise da tabela, mas também de outros dados provenientes quer das comunicações-poster, quer das RI, verificou-se que:

- No final da formação, todos os PF evidenciaram ter explorado e integrado atividades em contextos de educação formal, não-formal e/ou informal. Sendo que os PF 1, 7 e 6 integraram contextos de educação formal (sala de aula) e não-formal (exposição do CIEC), os PF 2, 4, 5 8, 9 e 11 integraram contextos de educação formal (sala de aula) e informal (PF9 - ruas de VNB e parque das esculturas, PF 2, 4, 5, 8 e 11 - baloiços ou parque radical do recreio da ECV-VNB), as PF3 e PF10 integraram contextos de educação formal (sala de aula), não-formal (exposição do CIEC) e informal (ruas de VNB e parque das esculturas) e apenas a PF12 realizou a sua atividade unicamente em contexto formal.

- 66,7% dos PF (1, 2, 4, 5, 8, 9, 10 e 11), no final da formação, e aquando da planificação e implementação da atividade com as crianças evidenciaram contemplar todos os PA pressupostos ao desenvolvimento de PIEC. Destes, inicialmente, seis apenas contemplavam um dos PA: “Experimentação: observação, medição e registo sistematizado dos dados” (evidenciado pelos PF: 4, 5, 9, 10 e 11) e “Contextualização da atividade” (evidenciado pelo PF1); um (PF2) inicialmente contemplava os dois PA anteriormente referidos; e um (PF8) contemplava 3 PA, os dois PA já referidos e ainda o “Levantamento e registo das ideias das crianças”.
- 16,7% dos PF (PF3 e PF12), no final da formação, evidenciaram contemplar 10 dos 11 PA pressupostos ao desenvolvimento de PIEC, faltando evidenciar ao PF3 a “planificação da experiência com as crianças” e ao PF12 a “seleção e preparação de recursos adequados”. Destes, inicialmente, o PF12 contemplava um PA “Experimentação: observação, medição e registo sistematizado dos dados” e o PF3 para além desse aspeto evidenciava também a “Contextualização da atividade”.
- 8,3% dos PF (o PF7), no final da formação, evidenciou contemplar 9 dos 11 PA pressupostos ao desenvolvimento de PIEC, faltando evidenciar a “planificação da experiência com as crianças” e a “seleção e preparação de recursos adequados”. Inicialmente este PF contemplou 3 PA: “Formulação da questão-problema”; “Levantamento e registo das ideias das crianças” e “Experimentação: observação, medição e registo sistematizado dos dados”.
- os restantes 8,3% dos PF, que corresponde à PF6, comparativamente aos outros PF, foi o que evidenciou uma mudança mais modesta da sua prática, uma vez que, no final da formação, apenas evidenciou contemplar 6 dos 11 PA pressupostos ao desenvolvimento de PIEC, ou seja metade. Inicialmente, apenas contemplou a “Experimentação: observação, medição e registo sistematizado dos dados”. Ficou por evidenciar a formulação e resposta à questão-problema, a planificação do ensaio com as crianças, a seleção e preparação dos recursos adequados e a análise discussão dos dados e sistematização das conclusões.

198

Antes da formação a maioria dos PF (66,7%), apenas contemplou um dos PA, sendo destes apenas um PF se referiu à “Contextualização da atividade” e todos os outros se referiram ao PA “Experimentação: observação, medição e registo sistematizado dos dados”. Aliás este último PA, foi inicialmente referido por 91,7% dos PF, o que nos remete para a ideia de que a maioria dos PF considera que a atividade experimental se resume à fase da experimentação propriamente dita. Na fase inicial não houve nenhum PF que contemplasse mais do que 3 PA dos 11 previstos.

No final da formação, apesar de todas as PF contemplarem um maior número de PA no desenvolvimento de uma PIEC, isso não significou que o tenham feito com o mesmo nível de desempenho. Este facto é evidenciado na Tabela 5, onde se apresentam as classificações obtidas pelos PF no final da formação, tendo por base a avaliação realizada pelas formadoras-investigadoras dos trabalhos desenvolvidos pelos PF com as crianças.

Através da análise da **Tabela 5**, destaca-se que apesar de 8 PF no final da formação terem evidenciado a totalidade dos PA definidos para uma PIEC, um teve classificação de bom, dois de muito bom e só 5 é que tiveram um desempenho de excelente.

Tabela 5. Classificação final dos PF

PA evidenciados Antes – Após	Classificação dos PF			
	Regular	Bom	Muito bom	Excelente
1 - 6	PF6			
3 - 9		PF7		
1 - 10		PF12		
2 - 10			PF3	
1 - 11		PF11	PF1	PF4, 5, 9 e 10
2 - 11			PF2	
3 - 11				PF8

Pode-se concluir que, no final da formação 41,7% dos PF evidenciaram um desempenho excelente, ao nível do desenvolvimento de PIEC sobre os temas abordados.

Nas RI os PF manifestam a importância da sua participação no Programa de Formação para a melhoria das suas práticas, tal com se ilustra no excerto abaixo:

“Consegui aprofundar algumas competências efetuando aprendizagens quer a nível de conteúdo, quer a nível metodológico, o que me permitiu melhorar a minha prática pedagógica no que respeita ao ensino das ciências” (RI-PF1).

Quatro dos PF participantes nesta formação (PF 1, 5, 6 e 8), já tinham frequentado em 2008/2009 a oficina de formação acreditada “Educação formal e não-formal em ciências: abordagens didáticas integradas para os primeiros anos de escolaridade” (CCPFC/ACC-49716/08), com 63h presenciais. Nesta formação foram também abordadas PIEC, mas no âmbito de outros temas de ciências, que não “Rochas e minerais” e “Rampas, alavancas e roldanas”. Na **Tabela 6** apresenta-se os resultados obtidos por esses PF no final da formação 1 e, 6 anos depois, no final da formação 2.

Tabela 6. Classificação dos PF na Formação 1 e 2

		Professores-Formandos							
		PF1		PF5		PF6		PF8	
		Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após	Antes	Após
Formação 1 2008 -2009	PA evidenciados em 10*	3	9	3	8	2	7	2	10
	Classificação final	Excelente		Muito Bom		Muito bom		Excelente	
Formação 2 2015	PA evidenciados em 11	1	11	1	11	1	6	3	11
	Classificação final	Muito Bom		Excelente		Regular		Excelente	

* Nesta formação não foi contemplado o PA11 (Avaliação das aprendizagens das crianças)

Através da análise da **Tabela 6**, pode-se verificar que apenas a PF8 manteve o seu nível de desempenho de uma formação para a outra, as PF1 e PF6 diminuíram o seu nível de desempenho e a PF 5 melhorou o seu desempenho. O que indicia que não existe uma relação contínua do desempenho dos PF.

200

Aliás, no final da formação 1, todos estes PF tiveram níveis de desempenho muito bom ou excelente, pelo que seria expectável que na formação 2, aquando do questionário inicial, tivessem evidenciado um maior número de PA de PIEC, contudo isto não se verificou.

Estes resultados indiciam que: i) os PF não conseguem fazer a transposição didática dos PA previstos numa PIEC, para novos temas; ii) com o passar do tempo (neste caso 6 anos) os PF retomam as suas práticas antigas, deixando de “aplicar” o que aprenderam durante a formação; e iii) as mudança de práticas evidenciadas no final das formações são apenas a curto prazo.

Conclusões

Os resultados indiciam que o programa de formação se constituiu como um contributo positivo para o desenvolvimento profissional dos PF, nomeadamente, através de uma melhoria das suas práticas no que respeita à integração de contextos de educação formal, não-formal e informal de ciências com orientação CTS, em particular, nas temáticas “rochas e minerais” e “rampas, alavancas e roldanas”. No entanto, o estudo não permite avaliar se esta mudança de práticas é apenas temporária.

Os resultados apontam para a necessidade da formação contínua ser continuada, ou seja, ocorrer de forma sistemática para que o impacte da mudança de práticas seja

efetivo e duradouro. Neste sentido alerta-se para o facto de que a avaliação do impacto da formação nas práticas dos professores deva ser feita a longo prazo e não só logo após a formação (curto prazo).

Conclui-se ainda que o desenvolvimento profissional dos professores, na dimensão do conhecimento didático, necessita de oportunidades para estes serem confrontados, não só com novas orientações, mas com a possibilidade de testarem com os seus alunos a sua viabilidade operacional. Porém parecem existir dificuldades na transposição desse conhecimento didático a outros temas de ciências distintos dos abordados na formação.

Neste sentido as investigadoras tencionam, em estudos futuros, ir averiguar qual o impacto desta formação a longo prazo nas práticas dos professores, através da observação e análise de aulas sobre as temáticas abordadas e sobre outras temáticas que não foram contempladas em formações anteriores que os PF tenham efetuado.

A formação de professores será sempre um tema de importância central na qualidade das práticas educativas, pelo que é fundamental continuar a apostar na promoção de PIEC quer na formação inicial quer na formação contínua, tendo por base os resultados da investigação neste âmbito.

201

Referências bibliográficas

BARDIN, L. (2009): *Análise de conteúdo*, Lisboa, Edições 70.

FARIA, C. e CHAGAS, I. (2012): "School-visit to a science centre: student interaction with exhibits and the relevance of teachers' behavior", *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 11, n° 3, pp. 582-594.

GUISASOLA, J. e MORENTIN, M. (2007): "Qué papel juegan las visitas escolares a los museos de ciencias en la aprendizaje de ciencia? Una revisión de las investigaciones", *Enseñanza de las ciencias*, vol. 25, n° 3, pp. 401-414.

ICSU (2011): *Report of the ICSU Ad-hoc Review Panel on Science Education*, Paris, International Council of Science.

OCDE (2009): *Creating Effective Teaching and Learning Environments: First Results from TALIS*, Paris, OECD Publishing. Disponível em: <http://www.oecd.org/dataoecd/17/51/43023606.pdf>.

RODRIGUES, A. V. (2011): *A Educação em Ciências no Ensino Básico em Ambientes Integrados de Formação (Unpublished doctoral's thesis)*, Universidade de Aveiro. Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/7226>.

RODRIGUES, A. V. (2016): *Perspetiva integrada de educação em ciências — da teoria à prática*, Universidade de Aveiro. Disponível em: <http://ria.ua.pt/handle/10773/15416>.

RODRIGUES, A. V., GALVÃO, C., FARIA, C., COSTA, C., CABRITA, I., CHAGAS, I. e JOÃO, P. (2015): “Práticas integradas de educação formal e não-formal de ciências nos cursos de formação inicial de professores”, en A. Ferrari et al. (eds.): *Experiências de inovação didática no ensino superior*, pp. 129–148. Disponível em: http://www.dges.mec.pt/didatica_ensinosuperior/docs/documento.pdf.

Uso de la historia de la ciencia para comprender aspectos de la naturaleza de la ciencia. Fundamentación de una propuesta basada en la controversia Pasteur *versus* Liebig sobre la fermentación

Uso da História da Ciência para Compreender Aspectos da Natureza da Ciência. Fundamentação de uma Proposta Baseada na Controvérsia Pasteur x Liebig sobre a Fermentação

Using The History Of Science To Understand Nature Of Science Issues. Foundation Of A Proposal Based On The Pasteur-Liebig Controversy About Fermentation

José Antonio Acevedo-Díaz y Antonio García-Carmona *

203

En este artículo se presenta la controversia entre Pasteur y Liebig sobre la fermentación como un relato de la historia de la ciencia (HDC) interesante para abordar algunas cuestiones sobre la naturaleza de la ciencia (NDC) en la educación científica. En consonancia con los posicionamientos actuales sobre cómo enseñar NDC, y particularmente desde el contexto de la HDC, la propuesta didáctica se plantea con un enfoque didáctico explícito y reflexivo. Esta se dirige a la formación de estudiantes de profesorado de ciencias de educación secundaria en la NDC y su didáctica. Se presta atención tanto a los aspectos epistémicos como a los no-epistémicos en el texto de la controversia y en las cuestiones que se plantean. Asimismo, se proponen algunas recomendaciones metodológicas para su implementación y evaluación en el aula.

Palabras clave: historia de la ciencia, naturaleza de la ciencia, educación científica, controversia Pasteur-Liebig

* *José Antonio Acevedo-Díaz*: máster en química, inspector de educación jubilado, Huelva, España. Correo electrónico: ja_acevedo@vodafone.es. *Antonio García-Carmona*: doctor en didáctica de las ciencias experimentales, profesor e investigador del Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales de la Universidad de Sevilla, España. Correo electrónico: garcia-carmona@us.es.

Neste artigo é apresentada a controvérsia entre Pasteur e Liebig sobre a fermentação como um relato da história da ciência (HDC) interessante para tratar de algumas questões sobre a natureza da ciência (NDC) na educação científica. Em consonância com os posicionamentos atuais sobre como ensinar NDC e, particularmente, a partir do contexto da HDC, a proposta didática é formulada com uma abordagem didática explícita e reflexiva. Esta visa à formação de estudantes do curso de professores de ciências para o ensino médio da NDC e sua didática. São especialmente focados os aspectos epistêmicos e não-epistêmicos no texto da controvérsia e nos itens levantados. Além disso, propõem-se algumas recomendações metodológicas para sua implementação e avaliação em sala de aula.

Palavras-chave: história da ciência, natureza da ciência, educação científica, controvérsia Pasteur-Liebig

In this paper, the Pasteur-Liebig controversy about fermentation is presented as an interesting story of the history of science (HOS) to address some nature of science (NOS) issues in science education. The didactic proposal is founded on the current positions about how to teach NOS, and especially in the context of HOS. The proposal promotes understanding of the NOS aspects from an explicit and reflective approach, and it is focused on the prospective secondary education science teachers' training. Attention is given to both epistemic and non-epistemic aspects in the text of the controversy and the NOS questions asked. Also, some methodological recommendations for implementing and assessing the didactic proposal in science classroom are offered.

Key words: history of science, nature of science, science education, Pasteur-Liebig controversy

Introducción: naturaleza de la ciencia e historia de la ciencia

Los currículos escolares de ciencia suelen centrarse sobre todo en los contenidos conceptuales y se rigen por la lógica interna de la ciencia, pero se olvidan de dar formación sobre la ciencia misma; es decir, sobre qué es la ciencia, cómo funciona y se desarrolla; cuáles son sus fundamentos epistemológicos y ontológicos; los rasgos del trabajo de los científicos, sus valores como grupo social, así como las influencias mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007). Todos estos asuntos constituyen lo que se conoce como naturaleza de la ciencia (NDC). Aunque se han esgrimido diversas razones para justificar la presencia explícita de la NDC en la educación científica -tales como conceptuales, utilitarias, democráticas, culturales y axiológicas, entre otras (Driver, Leach, Millar y Scott, 1996)-, la decisión de darle más relevancia es sobre todo una elección basada en los valores que se consideran deseables para la alfabetización científica de la ciudadanía (Acevedo, Vázquez, Acevedo y Manassero, 2005). De otro modo, enseñar algo sobre NDC tiene valor *per se* y da calidad a la educación en ciencias. Si bien algunos de los aspectos de NDC son incuestionables y tienen claras implicaciones para la educación científica, en mayor o menor grado otros son contextuales y sólo tienen sentido a la luz de la práctica de la ciencia (Clough, 2011).

Entendemos la NDC como un meta-conocimiento sobre la ciencia, que surge de las reflexiones interdisciplinarias hechas desde la filosofía, la historia y la sociología de la ciencia por expertos en estas disciplinas, así como por algunos científicos y educadores de ciencias. No obstante, la ciencia es poliédrica y dinámica, con lo cual es difícil definir con precisión el concepto de NDC; aunque, de manera general, puede decirse que trata de todo aquello que caracteriza a la ciencia como una forma especial de construcción de conocimiento (Acevedo, Vázquez, Manassero y Acevedo, 2007; Acevedo y García-Carmona, 2016). Asimismo, la NDC se refiere tanto a los valores propios y contextuales de la ciencia (Acevedo, 1998; Echeverría, 2002; Longino, 1983 y 1990) como a los supuestos subyacentes al conocimiento científico, que son consecuencia del carácter humano de la propia actividad científica, incluyendo sus limitaciones e influencias de todo tipo (Acevedo, 2006a; Ziman, 2003a y 2003b).

Para Shamos (1995), la comprensión de la NDC es el componente más importante de la alfabetización científica porque este conocimiento, sea adecuado o no, es lo que la gente usa para valorar los asuntos públicos que involucran a la ciencia y la tecnología. Bybee (1997) incorporó elementos históricos y sociales, así como la comprensión de la NDC y de la naturaleza de la tecnología en la alfabetización científica multidimensional, que es el nivel más alto del modelo continuo que propone para la alfabetización científica. En suma, si se entiende en un sentido amplio, puede decirse que la alfabetización científica incluye el conocimiento de nociones básicas de ciencia, la comprensión de los aspectos metodológicos que ésta emplea, el reconocimiento y comprensión de la NDC, y las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad (Hodson, 2014).

Dos décadas atrás, los *National Science Education Standards* de los Estados Unidos (NRC, 1996) recomendaron la incorporación de la historia de la ciencia (HDC)

en la educación científica para la mejora de la comprensión de algunos asuntos de NDC, tales como la naturaleza de las investigaciones científicas, las características del conocimiento científico y los diversos aspectos contextuales relacionados con la sociología de la ciencia (internos y externos a la comunidad científica). Poco después, Abd-El-Khalick (1998) mostró que los cursos de HDC tienen un efecto muy pequeño en la mejora de la comprensión de elementos de NDC, a menos que estos se impartan con un enfoque explícito y reflexivo (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000). Si los estudiantes no tienen la oportunidad explícita de relacionar reflexivamente un relato de HDC con aspectos de NDC, es posible que lo consideren interesante, pero probablemente no mejorarán sus concepciones de NDC (Abd-El-Khalick, 2013; McComas, 2008; Rudge y Howe, 2009).

En la actualidad, la incorporación de la HDC al currículo escolar de ciencia es sugerida en los programas educativos oficiales de muchos países (Eurydice, 2011; NGSS, 2013). Sin embargo, de los dos documentos citados, la utilización de la HDC como contexto idóneo para aprender NDC sólo se recomienda explícitamente en los estándares norteamericanos. Asimismo, la integración de la HDC en las clases de ciencia aún está bastante lejos de ser la deseada (COSCE [Confederación de Sociedades Científicas de España], 2011; McComas y Kampourakis, 2015).

1. Las controversias de HDC y su uso en la enseñanza de NDC

206

Un enfoque basado en la HDC permite contextualizar de forma explícita la enseñanza de aspectos de NDC (Abd-El-Khalick, 1999; Clough, 2011; Irwin, 2000; Niaz, 2009); por ejemplo, la contextualización de cuestiones relacionadas con la manera en que los científicos encaran los retos de sus investigaciones, o la labor de la comunidad científica en la construcción de las ideas científicas y su ajuste con la evidencia empírica. Se ilustran así cuestiones epistemológicas, ontológicas y sociológicas vinculadas a la comprensión de la NDC (McComas, 2008), situando el contenido de la ciencia en un contexto humano, social y cultural más amplio (Matthews, 1994 y 2015; Kolstø, 2008). Este aspecto humanista de la ciencia favorece el conocimiento de la influencia de tales factores contextuales sobre el pensamiento y las investigaciones de los científicos (Forato, Martins y Pietrocola, 2011; Kruse, 2010). Del mismo modo que las grandes obras literarias o artísticas, el conocimiento científico es un producto cultural y, como en ellas, la importancia de sus logros y la comprensión de su naturaleza se ven reforzados por cierto conocimiento de su contexto histórico (Monk y Osborne, 1997). En definitiva, la comprensión de los estudiantes sobre NDC puede mejorar mediante el uso apropiado de narraciones de HDC en clase (Lonsbury y Ellis, 2002; Matthews, 2015; McComas, 2008; Smith, 2010).

La utilización de la HDC se suele justificar también por el efecto beneficioso que puede tener en la participación de los estudiantes para aprender NDC, si se plantea con un enfoque explícito y reflexivo (Acevedo, 2009). Las narraciones de HDC necesitan descripciones detalladas para evitar una visión demasiado lineal sobre cómo la ciencia produce sus nuevos conocimientos, y para permitir una interpretación mejor de la HDC en su contexto. Pero su uso instrumental en el aula requiere también

de una adaptación, en la que se seleccionan fragmentos de HDC y se simplifican los hechos históricos. En este proceso, se debe tener especial cuidado en que tales omisiones no conduzcan a una pseudo-historia (Allchin, 2004) y se dé una imagen deformada de la ciencia (Forato, Martins y Pietrocola, 2011).

Stinner, McMillan, Metz, Jilek y Klassen (2003) señalan las confrontaciones y los diálogos como dos de las seis formas posibles de utilizar la HDC en la educación científica. Las otras cuatro restantes son las viñetas, los estudios de caso, las dramatizaciones y las narraciones temáticas. Según Tolvanen, Jansson, Vesterinen y Aksela (2014), las confrontaciones son conflictos entre dos o más teorías, mientras que los diálogos lo son entre personas. Las controversias científicas incluyen ambos tipos de conflictos, y su discusión sirve para mostrar la evolución de la ciencia mediante los debates producidos.

Una controversia científica es una disputa pública persistente sin una resolución fácil, que implica la intervención de la comunidad científica, con argumentos epistémicos (cognoscitivos o propios de la ciencia) y no-epistémicos, como emociones, rasgos de personalidad, presiones institucionales, influencias políticas, rivalidades nacionales, eventos fortuitos e incluso fraude a veces. McMullin (1987: 51 y 53) define una controversia científica como:

“[...] una disputa [científica] pública que se mantiene persistentemente sobre un asunto considerado significativo por un número de científicos en ejercicio [...] que existe solo en el caso de que grupos sustanciales de la comunidad científica atribuya el mérito a cada parte en un desacuerdo público [...] El énfasis puesto en el papel de la comunidad [científica] en la determinación de la controversia puede servir para añadir otro aspecto respecto a la naturaleza de la controversia científica. Una controversia es un suceso histórico; tiene un lugar y una fecha. No se trata de una mera relación abstracta entre evidencia e hipótesis”.

207

McMullin (1987) establece cuatro tipos de controversias científicas: i) controversias en torno a hechos, que se originan a raíz de los resultados obtenidos y su interpretación; ii) controversias relativas a teorías, que surgen de desacuerdos sobre aspectos teóricos; iii) controversias referidas a principios, que son debidas a la confrontación de los aspectos metodológicos y ontológicos subyacentes en toda actividad investigadora; y iv) controversias mixtas, en las que confluyen diversos ámbitos sociales, tales como ciencia, aplicaciones tecnológicas, economía, política, moral y ética, entre otros.

Según Vallverdú (2005), la clasificación anterior falla en que no tiene en cuenta que las controversias científicas no suelen darse por separado, como propone McMullin; además, el número y tipo de agentes participantes suele ser mucho mayor de lo que se pudiera pensar en un principio.

El análisis de las controversias científicas ofrece un marco de estudio de los complejos procesos del cambio científico, y muestran el conflicto como algo inherente

a la propia ciencia. Su inclusión como categoría histórica y filosófica ha servido para reducir la brecha que existía entre el estudio de la fase de descubrimiento y la fase de justificación de los conocimientos producidos (Braga, Guerra y Reis, 2012). Las controversias científicas son, además, fundamentales en la construcción del conocimiento científico, pues impulsan el avance de la ciencia.

Las comunidades científicas intentan resolver las controversias científicas apelando a factores epistémicos (por ejemplo, evidencias e inferencias) que, en la medida de lo posible, no estén distorsionados por las creencias personales, ideológicas, políticas o religiosas de los participantes (factores no-epistémicos). Sin embargo, historiadores, filósofos y sociólogos de la ciencia muestran la presencia de tales aspectos no-epistémicos en la formación del juicio de una comunidad científica. Así pues, en toda controversia científica influyen factores epistémicos y no-epistémicos (Acevedo, 2006b). La ciencia es una actividad cultural que responde a necesidades, intereses, problemas sociales, políticos, económicos e ideológicos. Por tanto, la educación científica debería tener en cuenta también estos aspectos.

Tolvanen *et al.* (2014) recomiendan centrarse en algunos aspectos de NDC, en vez de plantear un debate general. La lectura de controversias científicas históricas, individualmente o en grupo pequeño, seguida de respuestas reflexionadas y razonadas a cuestiones de algunos aspectos de NDC, es un recurso útil para introducir la NDC en la educación científica, mediante un enfoque explícito y reflexivo (Acevedo, 2008). Asimismo, Clough (2011) sugiere que los relatos de HDC incorporen palabras de los científicos para resaltar el lado humano de la ciencia y añadir autenticidad a las ideas de NDC que ilustran.

208

Por último, Allchin (2003) ha enumerado los siguientes elementos narrativos de los relatos de HDC, como las controversias científicas, que interfieren a la hora de mostrar con más precisión la NDC:

1. *Monumentalidad.* Los científicos son idolatrados en los relatos hagiográficos; se les muestra valientes, virtuosos, genios solitarios y casi sobrehumanos. Se ignoran sus defectos de carácter, sus malas interpretaciones y errores, las contribuciones de otros científicos, y la gran cantidad de tiempo que es necesario para que el conocimiento se desarrolle y establezca por la comunidad científica.
2. *Idealización.* El diseño de investigación se muestra impecable, y el significado de los datos como una forma simple de empirismo ingenuo, reforzándose el mito del método científico algorítmico universal. Para simplificar el relato, se enfatizan ciertos aspectos, se minimizan otros y se omiten algunas partes, sobre todo los errores y fracasos. Aunque la intención pueda ser facilitar su comprensión, da lugar a un relato engañoso, siguiendo la máxima de “que la realidad no te estropee una ‘buena’ historia”. En consecuencia, se distorsiona la NDC haciendo que el proceso de investigación y el avance de la ciencia parezcan lineales y sin dificultades.
3. *Dramatismo afectivo.* Los científicos y la ciencia aparecen triunfantes, a menudo después de una dura lucha. Se apela al uso de recursos retóricos del tipo “eureka” o “ajá”; se resalta la exoneración de una persona o una idea; a veces se atribuyen

resultados sorprendentes a la casualidad. En suma, se da una visión melodramática del caso.

4. *Narración explicativa y justificativa.* El conocimiento científico se muestra exacto, una consecuencia lógica de metodologías científicas adecuadas. Los hechos históricos se informan de tal manera que impliquen que los métodos correctos conducen al conocimiento correcto, mientras que los métodos incorrectos llevan a un conocimiento incorrecto. Ello es consecuencia, en cierto modo, de una interpretación anacrónica del pasado en función de ideas y valores del presente, exagerando la importancia de lo que ha contribuido a la ciencia actual en lugar de tratar de entender el contexto social del momento y los factores contingentes de su desarrollo. Esta visión whig de la HDC transmite una idea acumulativa y lineal de la ciencia en su progreso constante hasta su estado actual (Monk y Osborne, 1997).

2. Un ejemplo de controversia de HDC para la formación del profesorado de ciencias sobre NDC

La realidad actual es que la enseñanza de aspectos de NDC tiene escasa presencia en la educación científica de los diferentes niveles educativos españoles (Acevedo y García-Carmona, 2016). Los profesores necesitan materiales curriculares adecuados para poder usar un enfoque histórico con el fin de que sus estudiantes consigan un aprendizaje eficaz de aspectos de NDC (Monk y Osborne, 1997; Tolvanen *et al.*, 2014). De acuerdo con ello, se muestra un ejemplo de controversia científica de HDC, la que tuvo lugar entre Pasteur y Liebig respecto al estudio de la fermentación, y se dan orientaciones para su implementación didáctica en la formación de estudiantes de profesorado de ciencias de Educación Secundaria (EPES). El motivo de elegir este colectivo es que si la experiencia como estudiantes de profesorado les resultara satisfactoria, aumentarán las posibilidades de que luego la implementen en sus clases de ciencia con las adaptaciones oportunas, aunque manteniendo fidelidad con la que aquí se propone. Asimismo, en los planes actuales de formación EPES, en España, se establece de manera explícita que los futuros docentes deben adquirir un conocimiento básico sobre la NDC y su didáctica (Benarroch, Cepero y Perales, 2013).

209

Las fuentes principales consultadas para la elaboración del texto de esta controversia sobre la fermentación, para su uso didáctico, han sido Dubos (1984), Geison (1995), Latour (1991), Rodrigues (2014) y Thuillier (1990).

2.1. La controversia sobre la fermentación entre Pasteur y Liebig

La asociación de la fermentación de la levadura con la alimentación ha acompañado a la humanidad a lo largo de la historia. Alrededor del año 6000 a.C., los babilonios consiguieron fabricar cerveza. Hacia el año 4000 a.C., los egipcios aprendieron a utilizar la levadura para fabricar pan. La obtención del vino por fermentación de la uva se menciona en el Antiguo Testamento de la Biblia. Otros procedimientos artesanales conocidos desde antiguo son la preparación del vinagre, el yogur y el queso.

La fermentación fue también uno de los problemas favoritos entre los alquimistas. Ya durante los siglos XVIII y XIX, los químicos intentaron formular la fermentación alcohólica mediante reacciones químicas, siguiendo los métodos que les habían proporcionado tanto éxito en otros fenómenos naturales. Químicos franceses ilustres como Lavoisier (1743-1794), Gay-Lussac (1778-1850), Thénard (1777-1857) y Dumas (1800-1884) estudiaron la transformación de la caña de azúcar en alcohol por métodos cuantitativos. Lavoisier obtuvo una formulación sencilla del proceso que daba la impresión de que se había descubierto la naturaleza del fenómeno, en el que no había lugar para la levadura. Todos los químicos de la época daban por hecho que ésta acompañaba, y probablemente iniciaba, la fermentación. Sin embargo, aunque fuera el iniciador de la reacción, la levadura no parecía tomar parte en ella. Berzelius (1779-1848) denominó catálisis a este extraño fenómeno y definió el término fermento como un ejemplo de actividad catalítica. Poco después, Schwann (1810-1882) descubrió que la pepsina era la sustancia responsable de la digestión albuminosa en el estómago. Creía que esto era lo que Berzelius definía como catalizadores, o la fuerza de las reacciones químicas de los minerales, las sustancias orgánicas y la materia viva. Liebig (1803-1873) se opuso al uso de los términos catalizador y pepsina, ya que sólo eran una idea vaga.

Cagniard de La Tour (1777-1859), Schwann y Kützing (1807-1893) identificaron de forma independiente, en 1837, la levadura como un organismo vivo que se nutre cuando el azúcar fermenta. En 1839, a petición de la Academia de Ciencias de Francia, Turpin (1772-1853) confirmó en París las observaciones microscópicas de Cagniard de La Tour. Berzelius, Liebig y Wöhler (1880-1882) rechazaron esta idea de naturaleza vitalista. Ese mismo año, Liebig y Wöhler publicaron un artículo sobre el papel de las levaduras en la fermentación alcohólica ridiculizando grotescamente la naturaleza orgánica de la levadura. En 1858, Traube (1826-1894) afirmó que todas las fermentaciones producidas por organismos vivos se deben a reacciones químicas en vez de a una fuerza vital.

Había una razón profunda para que los científicos de la época se mostrasen recelosos con la interpretación vitalista de la fermentación alcohólica. Puesto que esta podía ser descrita mediante una reacción química simple, no tenía sentido explicarla en función de un organismo vivo, en vez de referirse a interacciones químicas y físicas. Pero lo cierto es que, a mediados del siglo XIX, no estaba claro lo que era una fermentación. Había tres teorías principales: química, vitalista y química modificada.

La teoría química era la del químico alemán Liebig. Siguiendo las ideas de Lavoisier, consideraba que la fermentación era una descomposición química causada por la putrefacción de una sustancia animal o vegetal, pero que no requería de la intervención de microorganismos; esto es, no era un proceso biológico. La interpretación que Liebig daba del proceso era que las vibraciones procedentes de la descomposición de la materia orgánica se extendían al azúcar. En el caso de la fermentación alcohólica, Liebig creía que la levadura utilizada era una materia vegetal putrefacta, de tipo albuminoso, que descomponía el azúcar al desencadenar una especie de putrefacción. En esta descomposición se producía alcohol, dióxido de carbono y otros subproductos. En el proceso, se depositaba un producto que Liebig

definía como un fermento insoluble. Este fermento, rico en nitrógeno, podía provocar la fermentación en otra disolución de azúcar.

El cambio lo facilitaba el fermento o levadura con las características de un compuesto nitrogenado en estado de putrefacción. El fermento es susceptible al cambio, se somete a descomposición por la acción del aire (que proporciona el oxígeno), agua (que da la humedad) y una temperatura favorable. Antes de ponerse en contacto con el oxígeno, los componentes están juntos sin interactuar. Mediante el oxígeno, el estado de reposo, o equilibrio, de las fuerzas atractivas que mantienen juntos los elementos del fermento es perturbado. Como consecuencia, se forma una separación o una nueva disposición de sus elementos. La fermentación se produce por transferencia de inestabilidad molecular del fermento (átomos en movimiento) a las moléculas de azúcar, y continúa mientras siga su descomposición. De este modo, la teoría de la fermentación de Liebig se corresponde con la visión mecanicista del mundo, en el sentido filosófico que se le daba al término en el siglo XVII a partir de las contribuciones de Newton.

Liebig sostenía también que las sustancias orgánicas en putrefacción (orina, sangre y demás) tenían propiedades fermentativas análogas. De este modo, diferentes fenómenos se explicaban de la misma forma, tanto las fermentaciones clásicas (vino, cerveza y demás) como las putrefacciones y transformaciones que experimentaban los alimentos en la digestión.

Las primeras notas sobre la fermentación del químico francés Pasteur (1822-1895) se encuentran en sus cuadernos de laboratorio en septiembre de 1855. Pero es en 1857 cuando hizo público el desarrollo de su teoría acerca de la fermentación en su *Mémoire sur la fermentation appelée lactique* (*Mémoire* en adelante), así como en otros trabajos posteriores. En esta publicación recogía las ideas de Cagniard de La Tour y Schwann, hacía consideraciones sobre la disimetría molecular de las sustancias orgánicas, refiriéndose a las formas levógira (sinistra) y dextrógira (diestra) del ácido tartárico, y enfatizaba el carácter especulativo de su teoría. *Mémoire* es considerado por los historiadores de la ciencia como uno de los escritos más importantes de Pasteur, aunque el libro no ofrecía evidencias empíricas rigurosas sobre la participación de organismos vivos en la fermentación, algo que proporcionó después en *Nouvelles recherches sur la fermentation alcoolique* (1858) y, sobre todo, en su *Mémoire sur la fermentation alcoolique*, publicada en 1860. Respecto a la relevancia de *Mémoire*, Geison (1974) ha escrito:

211

“Con dos excepciones notables esta memoria contiene los rasgos centrales teóricos y metodológicos de toda la obra de Pasteur sobre la fermentación: la concepción biológica de la fermentación como el resultado de la actividad de los microorganismos vivos; la visión de que las sustancias presentes en el medio de la fermentación sirven de alimento al microorganismo y, por tanto, deben ser adecuadas a sus necesidades nutricionales; la noción de especificidad, según la cual cada fermentación se corresponde con un microorganismo específico; el reconocimiento de que determinadas características químicas del medio pueden promover o impedir el desarrollo de

cualquier microorganismo en el mismo; la noción de competencia entre los diversos microorganismos para conseguir el alimento el medio; la suposición de que el aire puede ser la fuente de los microorganismos que aparecen en la fermentación; y la técnica para cultivar, directa y activamente, con el fin de aislar y purificar el microorganismo supuestamente responsable de una fermentación. Las dos características que faltan, que pronto completaron la concepción básica de Pasteur, fueron las técnicas de cultivo de microorganismos (que producen la fermentación) en un medio libre de nitrógeno orgánico, y su noción de fermentación como ‘la vida sin aire’ (Geison, 1974, citado por Latour, 1991: 131-132).

En esta misma memoria, Pasteur escribió lo siguiente sobre la interpretación de la fermentación según Liebig:

“A los ojos de [Liebig] un fermento es una sustancia excesivamente alterable que se descompone por sí misma y de ese modo estimula la fermentación como consecuencia de su alteración, perturbando mediante la comunicación y desmontando el grupo molecular de la materia fermentable. Según Liebig, esta es la causa principal de todas las fermentaciones y el origen de la mayoría de las enfermedades contagiosas. Berzelius cree que el acto químico de la fermentación debe hacer referencia a la acción de contacto” (Latour, 1991: 133).

212

La elección de la fermentación láctica, responsable de la acidez de la leche, en vez de la fermentación alcohólica en la que había trabajado intensamente durante 1855 y 1856, obedeció a motivos estratégicos. Esta fermentación, que era químicamente la más simple posible, consiste en el desdoblamiento del azúcar en dos mitades que son las moléculas de ácido láctico. Si conseguía demostrar que el proceso necesitaba de un organismo vivo (la levadura), podía servir de modelo general para otras fermentaciones.

En experimentos posteriores sobre la fermentación alcohólica, Pasteur usó dos matraces, uno de ellos con cuello de cisne. Vertió caldo en ambos matraces y los calentó por la parte inferior. Después de que el líquido hirviera, lo dejó enfriar. Entonces observó que el caldo del matraz con cuello de cisne quedaba claro, salvo si se lo sacudía. Interpretó este hecho diciendo que el cuello del matraz podía detener el paso de la mayoría de las partículas y, por eso, el líquido se mantenía inalterado. Por el contrario, el líquido del otro matraz se degeneraba. Concluyó que esta fermentación necesitaba de la levadura, que estaba viva, pero no requería oxígeno; es decir, se trataba de una fermentación anaeróbica, que Pasteur describió como la “vida sin aire”, característica de algunos microorganismos (tales como ciertas bacterias y levaduras). Cuando se permite que la levadura crezca, la sustancia se pudre con el tiempo. La interpretación de Pasteur de estas observaciones fue que los organismos vivos son los responsables del proceso de fermentación. Por tanto, es un proceso biológico, no un proceso químico de oxidación-reducción. Así pues, puede decirse que su teoría de la fermentación cae bajo el vitalismo.

En suma, para Pasteur la causa de la fermentación era la actividad biológica de determinadas levaduras (microorganismos). Al contrario que Liebig, formuló la hipótesis de que la levadura era un organismo vivo (posición vitalista), y que su acción sobre el azúcar no tenía que ver con procesos de desorganización o putrefacción. Lo deja bien claro al final de su *Mémoire* de 1857:

“[...] cualquiera que juzgue imparcialmente los resultados de este trabajo, y lo que publicaré en breve, reconocerá conmigo que la fermentación parece ser correlativa a la vida y a la organización de glóbulos, y no a su muerte y putrefacción; en lugar de un fenómeno debido al contacto, en el que la transformación del azúcar se llevaría a cabo en presencia del fermento [...] sin tomar cualquier cosa de él” (Latour, 1991: 133).

¿Era válido este concepto de fermentación para todos los fenómenos que Liebig intentó explicar con su teoría? Pasteur lo resolvió a su modo, considerando que las fermentaciones verdaderas, según su teoría, se debían a la acción de microorganismos.

La tercera teoría era la del químico francés Berthelot (1827-1907). Al igual que Pasteur, admitía que podía haber una relación entre la fermentación y la actividad de una levadura, pero a diferencia de éste no creía que con ello se justificara una interpretación vitalista. Según Berthelot, la levadura segregaba una sustancia química que actuaba sobre el azúcar y la transformaba. Esta sustancia sería comparable a lo que hoy llamamos enzimas. Como Berthelot recordaba, la existencia de estos fermentos solubles se había mostrado experimentalmente, e incluso podían actuar sin la presencia del organismo del que procedía. En su obra *Química orgánica basada en la síntesis* (1860), afirmó que “el fermento no es el organismo vivo, sino la sustancia que este produce”. Cabe destacar que esta interpretación, junto con la noción de enzima como biocatalizador, es la que se considera correcta hoy. La transformación del azúcar está provocada por enzimas en las fermentaciones alcohólica y láctica.

213

La principal dificultad en la época era debida al significado tan impreciso que tenía el término “fermentación”, tanto en el lenguaje común como en el de los científicos. El propio Berthelot mencionaba el ácido sulfúrico como un fermento. Sin embargo, se había conseguido establecer cierto orden que diferenciaba entre fermentos insolubles (microorganismos) y fermentos solubles, que incluían muchas sustancias que hoy se clasifican como enzimas.

Los argumentos de Pasteur para legitimar su teoría no fueron siempre precisos. Para ello, utilizó una estrategia semántica, que consistía en convertir en definición su teoría. Así, estableció que las fermentaciones verdaderas eran las de carácter biológico, excluyendo a las fermentaciones químicas, que para él no eran auténticas. En efecto, Pasteur usó muchas veces la expresión “fermentaciones propiamente dichas”, como escribiera en 1860:

“[...] en consecuencia, la oposición que el Sr. Berthelot cree encontrar entre mis enunciados y los hechos reales, responde solamente a la extensión que le da a la palabra fermento, mientras que yo la he aplicado únicamente a las sustancias que producen las fermentaciones propiamente dichas” (Thuillier, 1990: 425).

Pasteur se aseguraba siempre tener la razón con este tipo de razonamiento circular. En efecto, era muy hábil en el uso de la retórica y las estrategias semánticas con el fin de persuadir a los demás, unas habilidades que desplegó con éxito en esta controversia y en la de la generación espontánea frente a Pouchet (Farley y Geison, 1994; Geison, 1995).

Aunque es cierto que es necesaria la presencia de células vivas para que se produzca la fermentación alcohólica o la fermentación láctica, la teoría de Pasteur estaba muy lejos de la explicación que se admite hoy. Sin embargo, su interpretación del fenómeno abrió el camino para hacer otras investigaciones muy fructíferas y, sobre todo, tuvo éxito en numerosos aspectos prácticos relativos a la mejora de las técnicas de fermentación; de ahí el éxito que tuvo en su época. Por el contrario, Liebig tenía razón en insistir en el carácter químico de las fermentaciones; pero su concepción de los fermentos como sustancias en estado de descomposición daba una idea muy inexacta del fenómeno, que además resultó poco fecunda.

214 En un sentido estricto, Pasteur no definía la fermentación. Para ello, habría tenido que disponer de una teoría estructural que diera cuenta del mecanismo de la fermentación con precisión. Esto era algo que nadie conocía entonces. Se limitaba a señalar, de forma muy general, las causas de la fermentación y a dar una lista de reacciones para ilustrar este proceso. Del mismo modo que Liebig, Pasteur seleccionó algunos casos. Aunque su lista de ejemplos era incierta, discutible y hasta arbitraria, cumplía un doble objetivo. Por un lado, intentaba ordenar un conjunto de fenómenos mal conocidos y heterogéneos, y, por otro, establecer algunos esquemas generales que permitieran a la vez comprobar experimentalmente y justificar tal clasificación. Esta forma de proceder era un buen punto de partida para generar investigaciones útiles, por lo que el programa de investigación de Pasteur resultaba razonable, aunque pudiera parecer poco racional. Su lista de casos estaba más próxima a las fermentaciones clásicas que la de los partidarios de la teoría química de Liebig:

“Llamo fermentaciones propiamente dichas [...] a las fermentaciones que he estudiado y que comprenden todas las fermentaciones mejor caracterizadas, aquellas que son tan viejas como el mundo, las que intervienen en la formación del pan, el vino, la cerveza, la leche agria, la transformación de la orina en amoníaco, etc., aquellas cuyos fermentos son, según mis investigaciones, seres vivos que nacen y se multiplican durante el acto de la fermentación” (Thuillier, 1990: 431).

Hablando de sus trabajos sobre la fermentación, en su *Mémoire* Pasteur reconoce que partió de ideas preconcebidas, que fue más allá de los hechos y que, en rigor, sus ideas no podían demostrarse de manera irrefutable; pero que, a pesar de todo ello, procedía de manera lógica.

Por muy temerarias que fueran las generalizaciones de Pasteur, le permitían avanzar. Es lo que, en términos del filósofo Lakatos, se conoce como un programa de investigación progresivo, que se mostró fecundo durante un tiempo. Y todo ello, a pesar de que en sus textos más científicos recurriera con frecuencia a hechos discutibles, manifestaciones dogmáticas, astucias retóricas, alusiones frecuentes a las necesidades industriales y hasta patriotismo nacionalista, como en el siguiente escrito:

“En el momento en el que yo emprendo aquí, contra el Sr. Liebig, la defensa de una opinión que, después de todo, pertenece a la ciencia francesa, ¿por qué el Sr. Freymy se proclama, de forma al menos inoportuna, campeón de la ciencia alemana, con la que estoy anheloso de volver a emprender un combate del que me he apartado a pesar mío?” (Thuillier, 1990: 432).

Estos aspectos han dado pie a que, desde el último cuarto del siglo XX, se haya privilegiado la perspectiva sociológica en muchas publicaciones sobre Pasteur. En ellas se enfatizan los aspectos sociales, económicos, políticos, ideológicos y religiosos, pasando a segundo plano los análisis epistemológicos. Por ejemplo, se resalta la influencia que tuvo el hecho de que Pasteur fuera un fiel seguidor del emperador Luis Napoleón (Napoleón III) y que éste apoyara sus investigaciones más prácticas, ayudándole a conseguir recursos económicos para continuarlas. Asimismo, respecto a lo económico, se destaca que Pasteur utilizara un nuevo método para eliminar los microorganismos que pueden degradar el vino, el cual consistía en encerrar el líquido en cubas bien selladas y elevar su temperatura hasta 45oC-50oC durante un tiempo breve, protegiéndolo del oxígeno. A pesar del rechazo inicial de la industria vinatera a calentar el vino, experimentos controlados con lotes de vino calentado y sin calentar demostraron la efectividad del procedimiento. De este modo nació la pasteurización. Pasteur y su colega Claude Bernard (1813-1878) realizaron la primera pasteurización el 20 de abril de 1864. La fermentación puede producir nutrientes o eliminar anti-nutrientes. Los alimentos pueden preservarse por fermentación, ya que ésta usa energía de los alimentos y puede crear condiciones inadecuadas para los organismos indeseables; por ejemplo, avinagrandando el ácido producido por la bacteria dominante se inhibe el crecimiento de los demás microorganismos.

Aunque los aspectos anteriores permiten conocer mejor algunas realidades históricas contextuales muy interesantes, hay que intentar mantener el equilibrio necesario. No hay que rechazar el punto de vista sociológico en los estudios sobre las investigaciones de Pasteur, pero tampoco el epistemológico, pues ambos son las dos caras de la misma moneda.

La controversia entre Pasteur y Liebig sobre la naturaleza de la fermentación alcohólica fue aclarada años después por el químico alemán Eduard Büchner (1860-1917). Influida por su hermano, el bacteriólogo Hans Büchner (1850-1902), se interesó por el proceso de la fermentación alcohólica, en el que la levadura descompone el azúcar en alcohol y dióxido de carbono. Publicó su primer artículo en 1885, mostrando que la fermentación puede ocurrir en presencia de oxígeno (fermentación aeróbica), una conclusión contraria a la teoría de Pasteur.

Hacia 1893, Eduard Büchner estaba dedicado por completo a la búsqueda del agente activo de la fermentación. Obtuvo muestras puras del fluido interior de las células de levadura mediante su pulverización dentro de una mezcla de arena y tierra de diatomeas, para pasar luego la mezcla a través de un filtro de tela. Este procedimiento evitaba el uso de disolventes y altas temperaturas, un método drástico y destructivo que había frustrado investigaciones anteriores. Suponía que el líquido recogido sería incapaz de producir la fermentación porque las células de levadura estaban muertas. Sin embargo, cuando intentaba mantener el líquido en el azúcar concentrado, observó la liberación de dióxido de carbono; una señal de que se estaba produciendo la fermentación. Büchner estableció entonces la hipótesis de que la fermentación era causada por una enzima a la que llamó "zimasa". En 1897 publicó que la fermentación era el resultado de procesos químicos, tanto en el interior como en el exterior de las células.

La disputa entre Liebig y Pasteur ralentizó, en cierto modo, el avance de la ciencia en el área de la fermentación y las enzimas, pues ninguno de los dos tenía razón del todo. No obstante, las ideas en conflicto también aceleraron la investigación en el mismo campo por las contribuciones de otros científicos. Gracias al trabajo de Büchner sobre la fermentación, se allanó el camino a los estudios de enzimas y la fermentación, lo que fue un momento clave de la historia de la química moderna.

216

2.2. Cuestiones de NDC relativas a la controversia entre Pasteur y Liebig

Como orientación para el formador de profesores, se hacen algunos comentarios sobre las cuestiones de NDC relacionadas con la controversia científica que se proponen en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Cuestiones propuestas para reflexionar a partir de la lectura

- C.1. ¿Por qué crees que pueden darse diferencias importantes en la interpretación científica de un fenómeno natural, como en el caso de Pasteur y Liebig respecto a la fermentación?
- C.2. De acuerdo con lo que has leído en el texto, ¿cómo explicarías qué es una teoría científica?
- C.3. Según lo expuesto en el texto, ¿en qué medida estás de acuerdo con que las investigaciones científicas se desarrollan básicamente mediante procesos sucesivos de experimentación y comprobación?
- C.4. A partir de lo leído sobre la controversia científica de la fermentación, ¿qué importancia crees que tienen los errores que comenten los científicos en el desarrollo de la ciencia?
- C.5. Según lo que has leído en el texto, ¿qué papel crees que tienen la creatividad e imaginación de los científicos en sus investigaciones?
- C.6. ¿Por qué motivos crees que las ideas de Pasteur sobre la fermentación tuvieron más éxito que las de Liebig en su época?
- C.7. ¿De qué manera crees que los contextos sociocultural, político y económico, entre otros, de cada época pueden influir en el desarrollo de la ciencia? Explícalo para este caso de la fermentación.
- C.8. ¿Qué interés crees que puede tener para el avance de la ciencia que existan disputas o desacuerdos entre científicos sobre un problema de investigación?

217

2.2.1. ¿Por qué crees que pueden darse diferencias importantes en la interpretación científica de un fenómeno natural, como en el caso de Pasteur y Liebig respecto a la fermentación?

Las observaciones científicas que hacen científicos competentes serán distintas si éstos creen en teorías diferentes. En tal caso, los científicos harán experimentos distintos y no “verán” lo mismo en sus observaciones. Creer, como Pasteur, que la fermentación es un proceso biológico en el que participan activamente los microorganismos, o considerarla tan sólo un proceso químico siguiendo un punto de vista mecanicista, como hacía Liebig, estableció grandes diferencias a la hora de interpretar las fermentaciones. Otro aspecto que influye en las distintas interpretaciones de los científicos se relaciona con la forma de clasificar los fenómenos que investigan. La naturaleza es muy compleja y los científicos pueden usar esquemas de clasificación diferentes porque clasifican de acuerdo con sus percepciones y teorías. Así ocurrió de hecho en el caso que nos ocupa, cuando Pasteur se refería a las “fermentaciones propiamente dichas”, más allá del uso de una estrategia exclusivamente semántica o razonamiento circular.

2.2.2. De acuerdo con lo que has leído en el texto, ¿cómo explicarías qué es una teoría científica?

Las teorías científicas son explicaciones de los fenómenos naturales, siendo uno de sus rasgos la provisionalidad. En cualquier observación, subyace una carga teórica

que le sirve de guía. La descripción que hace Geison (1974) de la *Mémoire* de 1857 de Pasteur sintetiza bastante bien los principales rasgos de la teoría de Pasteur sobre la fermentación.

2.2.3. Según lo expuesto en el texto, ¿en qué medida estás de acuerdo con que las investigaciones científicas se desarrollan básicamente mediante procesos sucesivos de experimentación y comprobación?

La naturaleza no ofrece datos y evidencias tan simples como para que puedan ser interpretados sin ambigüedades a partir de evidencias empíricas. Las decisiones que toman los científicos en sus investigaciones se basan en algo más que datos empíricos. Es cierto que estas decisiones dependen de que la teoría haya sido comprobada con éxito el mayor número de veces posible, así como de la comparación de su estructura lógica con las de otras teorías alternativas, y de la sencillez con que la teoría pueda explicar todos los resultados experimentales. Pero el contenido de la teoría también se ve influido por las creencias personales y la propia actitud del científico. Estos rasgos de subjetividad pueden verse difuminados en la ciencia pública, donde hay más presión que en la ciencia privada para que el científico aparezca con mentalidad abierta, lógico, imparcial y objetivo. En el caso que nos ocupa, el propio Pasteur reconoció, en su *Mémoire* de 1857, que partió de ideas preconcebidas para desarrollar su teoría; que ésta tenía un carácter especulativo en parte y que había ido más allá de los hechos. Asimismo, la teoría de Liebig estaba influida por la visión mecanicista del mundo promulgada por Newton, que Lavoisier y otros eminentes científicos de la época habían extendido a la química.

218

2.2.4. A partir de lo leído sobre la controversia científica de la fermentación, ¿qué importancia crees que tienen los errores que comenten los científicos en el desarrollo de la ciencia?

El desarrollo del conocimiento científico es una búsqueda sin fin, que no lleva a verdades inmutables sino a resultados provisionales o tentativos sobre cómo funciona la naturaleza. Muchos errores son inevitables en la investigación científica, y el error suele ser la regla más que la excepción (Allchin, 2004); pero, a pesar de ello, la ciencia avanza así. Algunos errores pueden retrasar el progreso de la ciencia, pero otros pueden conducir a nuevos descubrimientos. Si los científicos aprenden de sus errores y los van corrigiendo, la ciencia progresa. Asimismo, cuando se desarrollan nuevas teorías, los científicos necesitan hacer algunas suposiciones sobre cómo es el comportamiento de la naturaleza. Estos supuestos no tienen que ser necesariamente verdaderos para que la ciencia pueda avanzar, tal y como se ha podido comprobar en el caso de la teoría sobre la fermentación de Pasteur. La ciencia necesita de suposiciones verdaderas para progresar, pero en muchas ocasiones la HDC muestra que se han hecho grandes descubrimientos refutando una teoría y aprendiendo de sus supuestos falsos (García-Carmona, 2002).

2.2.5. Según lo que has leído en el texto, ¿qué papel crees que tienen la creatividad e imaginación de los científicos en sus investigaciones?

Para progresar en sus investigaciones, los científicos son imaginativos cuando formulan preguntas de investigación, establecen hipótesis, diseñan experimentos rigurosos e interpretan los hechos empíricos. Los científicos no inventan lo que la

naturaleza hace; pero, al interpretar los hechos experimentales que descubren, inventan descripciones sobre lo que la naturaleza hace. A lo largo del texto proporcionado, pueden encontrarse algunos ejemplos de la creatividad e imaginación de Pasteur y Eduard Büchner en sus investigaciones sobre la fermentación.

2.2.6. ¿Por qué motivos crees que las ideas de Pasteur sobre la fermentación tuvieron más éxito que las de Liebig en su época?

Por un lado, la interpretación de Pasteur sobre la fermentación, aunque errónea cuando se contempla desde el presente, fue muy fecunda porque abrió el camino para hacer investigaciones nuevas en diversas áreas. En cambio, la teoría de Liebig resultó muy poco fructífera en este sentido. Por otro lado, las ideas de Pasteur tuvieron gran éxito en distintos aspectos prácticos relativos a la mejora de las técnicas de fermentación en las industrias del vino, la cerveza y el vinagre, y la invención de la pasteurización para conservar y transportar alimentos como la leche, entre otros.

2.2.7. ¿De qué manera crees que los contextos sociocultural, político y económico, entre otros, de cada época pueden influir en el desarrollo de la ciencia? Explícalo para este caso de la fermentación.

La comprensión de la ciencia revela la influencia de diversos factores extra-científicos en un determinado contexto cultural de relaciones humanas, dilemas profesionales, ambiciones de reconocimiento público y asuntos económicos, entre otros. Cuando la ciencia está en construcción, los valores contextuales (no-epistémicos) pueden tener su peso, además del que los valores cognoscitivos o propios de la ciencia (epistémicos) aportan. La controversia sobre la fermentación entre Pasteur y Liebig está impregnada de ambos tipos de valores. Por ejemplo, en el transcurso de la misma, Pasteur reivindicó la importancia de sus investigaciones para la resolución de ciertas necesidades industriales relacionadas con ellas, siendo apoyado en ese aspecto por el mismísimo emperador de Francia Napoleón III. También apeló al patriotismo nacionalista cuando opuso su “ciencia francesa” a la “ciencia alemana”, en una época en la que Prusia (Alemania) y Francia eran enemigas.

219

2.2.8. ¿Qué interés crees que puede tener para el avance de la ciencia que existan disputas o desacuerdos entre científicos sobre un problema de investigación?

La existencia de teorías diferentes sobre un mismo asunto científico es un gran estímulo para el avance de la ciencia. Cuando los científicos discuten las ideas y teorías de otros, probablemente las revisarán o actualizarán y, a veces, surgirán nuevas teorías o se abrirá el camino a otros estudios que amplíen el campo de investigación sobre la cuestión analizada u otras relacionadas. Asimismo, se suelen desarrollar técnicas experimentales novedosas en el transcurso de tales procesos. Así sucedió, por ejemplo, con el trabajo realizado sobre la fermentación por Eduard Büchner. Por último, como señala Moreno (2006: 416), conviene no olvidar que: “Las controversias [científicas] son testimonios de lo que salió bien y de lo que salió mal, que es una buena lección de humildad para quienes han defendido la ciencia como hecho prepotente frente a otros más cuestionables [...]”.

2.3. Recomendaciones metodológicas para el empleo de la controversia en la formación de profesorado de ciencias

Por último, se sugieren algunas indicaciones metodológicas para la implementación de la controversia en la formación de EPES, siguiendo un proceso en tres fases.

2.3.1. Fase 1: lectura del texto de la controversia histórica y respuestas a las cuestiones

Puesto que el propósito es valorar las aportaciones de la controversia al aprendizaje de algunos aspectos de NDC, se planteará a los EPES, organizados en equipos, su lectura sin mediar enseñanza previa. En el caso de que se opte por entregar el texto para una lectura individual previa fuera del aula, se puede pedir a los EPES un testigo de lectura en el que, por ejemplo, destaquen las ideas que les parezcan centrales en el texto, o cuáles son los aprendizajes que creen que se pueden conseguir en el aula con este material. Se dispondría así de una información inicial individual, distinta de las repuestas a las cuestiones de NDC del **Cuadro 1**, que podría ser de interés. Esta pregunta se repetiría al final de la tercera fase, incorporándose las respuestas en el informe final. Realizada la lectura, los equipos responderán a las ocho cuestiones que se formulan en el **Cuadro 1**. Las respuestas deben emanar de una discusión reflexiva y consensuada entre los miembros del equipo, y se registrarán en un informe. Si hubiera puntos de vista divergentes, que imposibilitarían consensuar una respuesta común, se pueden expresar las distintas posiciones razonadas ante una misma pregunta. Esta primera fase sirve para hacer explícitas las ideas sobre los aspectos de NDC planteados en las preguntas. Para su desarrollo en el aula se estima necesario un tiempo aproximado de dos horas.

220

2.3.2. Fase 2: puesta en común de las respuestas de los equipos a las cuestiones planteadas

Tras responder a las cuestiones relativas al texto, los equipos compartirán y discutirán sus respuestas en clase durante una sesión de alrededor de una hora y media. El papel del formador en esta fase es moderar el debate entre los equipos e introducir aquellas aclaraciones y preguntas que lo enriquezcan todo lo posible. La intención es que lleguen a conclusiones comunes sobre los aspectos de NDC tratados, pero sin adoctrinamiento; es decir, sin imponer las visiones que pudieran ser más adecuadas. En este sentido, y ante posibles ideas de NDC que estén alejadas de las aceptadas actualmente, se procurará generar nuevos conflictos cognitivos para que los EPES se replanteen libremente sus puntos de vista. Cabe la posibilidad de que la moderación del debate se comparta entre el formador y un estudiante de profesorado. La razón es doble. Por una parte, la moderación de debates es una tarea que se supone que los EPES desempeñarán como docentes. Por otra, permite que el formador se distancie algo de la gestión del debate y pueda centrarse mejor en tomar notas de las intervenciones, tanto para reconducir la discusión en caso necesario como para la evaluación posterior.

2.3.3. Fase 3: conclusiones tras la puesta en común

Una vez que las respuestas a las cuestiones planteadas se hayan discutido en clase, cada equipo revisará sus respuestas iniciales para completar, matizar o reafirmar sus ideas y argumentos sobre los aspectos de NDC abordados. Todo ello se registrará en

un informe final que se entregará con las conclusiones de equipo, a continuación de las respuestas iniciales que elaboraron.

Conclusiones

La demanda de la HDC en la educación científica se remonta a la segunda mitad del siglo XIX. Jenkins (1990) menciona que George J. D. Campbell, octavo duque de Argyll, en su discurso presidencial de la *British Association for the Advancement of Science* de la reunión de 1855, celebrada en Glasgow, reclamó lo siguiente: “Lo que queremos en la enseñanza de los jóvenes no es tanto meros resultados como métodos y, sobre todo, la historia de la ciencia”. Desde entonces, han sido numerosos los intentos por introducir la HDC en la educación científica apelando a los motivos más variados (véase, por ejemplo: McComas, 2013). Como la ciencia misma, el desarrollo de estos intentos está plagado de aciertos y errores, de los cuales se puede y debe aprender.

En este artículo nos hemos centrado en uno de esos motivos: la HDC como contexto para el aprendizaje de la NDC. Consideramos que los episodios de HDC, y los de controversia en particular, son un recurso de gran potencial didáctico en este sentido. Pero, para ello, tal y como hemos indicado más arriba, las controversias deben adaptarse para su uso educativo, sintetizándolas del modo más fiel posible a hechos históricos auténticos, que permitan ilustrar ciertos aspectos relevantes de la NDC, formulados explícitamente como cuestiones para reflexionar sobre la ciencia. Esto es justamente lo que hemos pretendido con la presentación de este trabajo sobre la controversia entre Pasteur y Liebig acerca de la fermentación. La actividad se ha implementado recientemente, tal y como se ha descrito aquí, en una universidad española con un grupo clase de EPES, de la especialidad de física y química, a fin de evaluar su eficacia didáctica.

221

Bibliografía

ABD-EL-KHALICK, F. (1998): *The influence of history of science course on students' conceptions of the nature of science*, Unpublished doctoral dissertation, Oregon State University, Oregon.

ABD-EL-KHALICK, F. (1999): "Teaching Science with History", *The Science Teacher*, vol. 66, n° 9, pp. 18-22.

ABD-EL-KHALICK, F. (2013): "Teaching with and about nature of science, and science teacher knowledge domains", *Science & Education*, vol. 22, n° 9, pp. 2087-2107.

ABD-EL-KHALICK, F. y LEDERMAN, N. G. (2000): "The influence of history of science course on students' views of nature of science", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 37, n° 10, pp. 1057-1095.

ACEVEDO, J. A. (1998): "Análisis de algunos criterios para diferenciar entre ciencia y tecnología", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 16, n° 3, pp. 409-420.

ACEVEDO, J. A. (2006a): "Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 3, n° 2, pp. 198-219.

222 ACEVEDO, J. A. (2006b): "Relevancia de los factores no-epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 3, n° 3, pp. 369-390.

ACEVEDO, J. A. (2008): "El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 5, n° 2, pp. 178-198.

ACEVEDO, J. A. (2009): "Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 6, n° 3, pp. 355-386.

ACEVEDO, J. A. y GARCÍA-CARMONA, A. (2016): "«Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 13, n° 1, 3-19.

ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, P. y MANASSERO, M. A. (2005): *Evaluación de creencias sobre ciencia, tecnología y sus relaciones mutuas*. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 2, n° 6, pp. 73-99.

ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M. A. y ACEVEDO, P. (2007): "Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 4, n° 1, pp. 42-66.

- ALLCHIN, D. (2003): "Scientific myth-conceptions", *Science Education*, vol. 87, nº 3, pp. 329-351.
- ALLCHIN, D. (2004): "Pseudohistory and Pseudoscience", *Science & Education*, vol. 13, 3, pp. 179-195.
- ALLCHIN, D. (2012): "Teaching the nature of science through scientific errors", *Science Education*, vol. 96, nº 5, 904-926.
- BENARROCH, A., CEPERO, S. y PERALES, F. J. (2013): "Implementación del Máster de Profesorado de Secundaria: aspectos metodológicos y resultados de su evaluación", *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 10, nº extra, pp. 594-615.
- BRAGA, M., GUERRA, A. y REIS, J. C. (2012): "The role of Historical-Philosophical controversies in Teaching Sciences: The debate between Biot and Ampère", *Science & Education*, vol. 21, nº 6, pp. 921-934.
- BYBEE, R. W. (1997): *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*, Portsmouth, NH, Heinemann.
- CLOUGH, M. P. (2011): "The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education", *Science & Education*, vol. 20, nº 7-8, pp. 701-717.
- COSCE [Confederación de Sociedades Científicas de España] (2011): *Informe Enciende: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España*, Madrid, COSCE.
- DRIVER, R., LEACH, J., MILLAR, R. y SCOTT, P. (1996): *Young People's Images of Science*, Buckingham, UK, Open University Press.
- DUBOS, R. J. (1984): *Pasteur*, Barcelona, Salvat.
- ECHEVERRÍA, J. (2002): *Ciencia y valores*, Barcelona, Destino.
- EURYDICE (2011): *Science Education in Europe: National Policies, Practices and Research*, Brussels: EACEA P9 Eurydice, Recuperado de <http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice>
- FARLEY, J. y GEISON, G. L. (1994): "Ciencia, política y generación espontánea en la Francia del siglo diecinueve: el debate Pasteur-Pouchet", en C. Solís (Ed.): *Razones e intereses. La historia de la ciencia después de Kuhn*, Barcelona, Paidós, pp. 219-263.
- FORATO, T. C. M., MARTINS, R. A., PIETROCOLA, M. A. (2011): "Historiografía e natureza da ciência na sala de aula", *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 28, nº 1, pp. 27-59.

GARCÍA-CARMONA, A. (2002): "Casualidad, inspiración y descubrimientos científicos", *Red Científica: Ciencia, Tecnología y Pensamiento*, n° 47, Recuperado de <http://www.redcientifica.com/doc/doc200209150001.html>

GEISON, G. (1974): "Louis Pasteur", en C. C. Gillispie (Ed.): *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 10, New York, Charles Scribner's Sons.

GEISON, G. (1995): *The Private Science of Louis Pasteur*, Princeton, NJ, Princeton University Press.

HODSON, D. (2014): "Learning science, learning about science, doing science: different goals demand different learning methods", *International Journal of Science Education*, vol. 36, n° 1, pp. 2534-2553.

IRWIN, A. R. (2000): "Historical case studies: teaching the nature of science in context", *Science Education*, vol. 84, n° 1, pp. 5-26.

JENKINS, E. W. (1990): "The history of science in British schools: retrospect and prospect", *International Journal of Science Education*, vol. 12, n° 3, pp. 274-281.

KOLSTØ, S. D. (2008): "Science education for democratic citizenship through the use of the history of science", *Science & Education*, vol. 17, n° 8-9, pp. 977-997.

224 KRUSE, W. J. (2010): *Historical Short Stories in the Post-Secondary Biology Classroom: Investigation of Instructor and Student Use and Views*, Unpublished doctoral dissertation, Iowa State University, Ames, Iowa.

LATOUR, B. (1991): "Pasteur on Lactic Acid Yeast: A Partial Semiotic Analysis", *Configurations*, vol. 1, n° 1, pp. 129-146.

LONGINO, H. E. (1983): "Beyond "bad science": Sceptical reflections on the value-freedom of scientific inquiry", *Science, Technology, and Human Values*, vol. 8, n° 1, pp. 7-17.

LONGINO, H. E. (1990): *Science as social knowledge: Values and objectivity in scientific inquiry*, Princeton, NJ, Princeton University Press.

LONSBURY, J. G. y ELLIS, J. D. (2002): "Science History as a Means to Teach Nature of Science Concepts: Using the Development of Understanding Related to Mechanisms of Inheritance", *Electronic Journal of Science Education*, vol. 7, n° 2, sin paginar.

MATTHEWS, M. R. (1994): *Science Teaching: The role of history and philosophy of science*, New York, Routledge.

MATTHEWS, M. R. (2015): *Science Teaching: The Contribution of History and Philosophy of Science (20th Anniversary Revised and Expanded Edition)*, New York, Routledge.

MCCOMAS, W. F. (2008): "Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science", *Science & Education*, vol. 17, nº 2-3, pp. 249-263.

MCCOMAS, W. F. (2013): "Uma proposta de classificação para os tipos de aplicação da História da Ciência na formação científica: implicações para a pesquisa e desenvolvimento", en C. C. Silva e M. E. B. Prestes (Orgs.): *Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas*, São Carlos, Brasil, Tipographia Editora Expressa, pp. 419-441.

MCCOMAS, W. F. y KAMPOURAKIS, K. (2015): "Using the History of Biology, Chemistry, Geology, and Physics to illustrate general aspects of Nature of Science", *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, vol. 9, nº 1, pp. 47-76.

MCMULLIN, E. (1987): "Scientific controversy and its termination", en H. T. Engelhardt Jr, & A. L. Caplan (Eds.): *Scientific Controversies. Case studies in the resolution and closure of disputes in science and technology*, New York, Cambridge University Press, pp. 49-91.

MONK, M. y OSBORNE, J. (1997): "Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy", *Science Education*, vol. 81, nº 4, pp. 405-424.

MORENO, A. (2006): "Atomismo versus energetismo: Controversia científica a finales del siglo XIX", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 24, nº 3, pp. 411-428.

225

NIAZ, M. (2009): "Progressive transitions in chemistry teachers' understanding of nature of science based on historical controversies", *Science & Education*, vol. 18, nº 1, pp. 43-65.

NGSS (2013): *The Next Generation Science Standards: For States, by States*, Washington, National Academy of Sciences.

NRC, National Research Council (1996): *The National Science Education Standards*, Washington, DC, Academic Press.

RODRIGUES, S. P. (2014): *O microrganismo no trabalho de Pasteur: fermentação e putrefação, Tese de doutorado em História da Ciência*, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, Brasil.

RUDGE, D. W. y HOWE, E. M. (2009): "An explicit and reflective approach to the use of History to promote understanding of the nature of Science", *Science & Education*, vol. 18, nº 5, pp. 561-580.

SHAMOS, M. H. (1995): *The myth of scientific literacy*, New Brunswick, NJ, Rutgers University Press.

SMITH, J. A. R. (2010): *Historical Short Stories and the Nature of Science in a High School Biology Class*, Master Thesis, Iowa State University, Ames, Iowa.

STINNER, A., MCMILLAN, B. A., METZ, D., JILEK, J. M. y KLASSEN, S. (2003): "The renewal of case studies in science education", *Science & Education*, vol. 12, nº 7, pp. 617-643.

THUILLIER, P. (1990): *De Arquímedes a Einstein. Las caras ocultas de la invención científica*, Madrid, Alianza.

TOLVANEN, S., JANSSON, J., VESTERINEN, V.-M. y AKSELA, M. (2014): "How to use Historical Approach to teach Nature of Science in Chemistry Education?", *Science & Education*, vol. 23, nº 8, pp. 1605-1636.

VALLVERDÚ, J. (2005): "¿Cómo finalizan las controversias? Un nuevo modelo de análisis: la controvertida historia de la sacarina", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 2, nº 5, pp. 19-50.

ZIMAN, J. (2003a): "Ciencia y sociedad civil", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 1, nº 1, pp. 177-188.

ZIMAN, J. (2003b): *¿Qué es la ciencia?*, Madrid, Cambridge University Press.

**Las actitudes hacia las matemáticas en estudiantes
y maestros de educación infantil y primaria:
revisión de la adecuación de una escala para su medida**

**Atitudes em Relação às Matemáticas em Estudantes
e Professores de Educação Infantil e Fundamental:
Revisão da Adequação de uma Escala para sua Mensuração**

***Students And Teachers' Attitude Towards Mathematics
In Childhood And Primary Education:
A Review Of The Adaptation Of A Tailored Scale***

**Raquel Fernández César, Natalia Solano Pinto, Karina Rizzo, Ariadna
Gomezescobar Camino, Luis Miguel Iglesias y Alejandro Espinosa ***

Este trabajo es un primer estadio de un proyecto más amplio que pretende analizar las actitudes hacia las matemáticas de estudiantes del grado de maestro y maestros en ejercicio de las etapas de educación infantil y primaria en el entorno iberoamericano. Para ello llevamos a cabo una revisión bibliográfica de las herramientas usadas e identificamos el cuestionario más utilizado en el entorno de habla hispana: el cuestionario de Auzmendi. Analizamos su adecuación para nuestra muestra, que estuvo compuesta por 205 estudiantes del grado de maestro de educación infantil y primaria, mediante un análisis factorial exploratorio y confirmatorio realizado con el programa SPSS v22. Los resultados indican que para esta muestra el modelo de cinco factores del cuestionario no es adecuado, siéndolo más un modelo de un factor con siete ítems. Concluimos que el cuestionario modificado de Auzmendi es una buena herramienta para valorar el factor ansiedad en el contexto de este proyecto.

Palabras clave: educación infantil, educación primaria, actitudes hacia las matemáticas, maestros

* *Raquel Fernández César y Ariadna Gomezescobar Camino:* Departamento de Matemáticas, Facultad de Educación de Toledo, Universidad de Castilla La Mancha, España. Correos electrónicos: Raquel.fcezar@uclm.es y ariadna.gomezescobar@alu.uclm.es. *Natalia Solano Pinto:* Departamento de Psicología, Facultad de Educación de Toledo, Universidad de Castilla La Mancha, España. Correo electrónico: natalia.solano@uclm.es. *Karina Rizzo:* ISFD y TN°24/IS Familia/INSP Socorro, Argentina. *Luis Miguel Iglesias:* IES San Antonio, Consejería de Educación de la Junta de Andalucía; Bollullos Par del Condado, Huelva, España. *Alejandro Espinosa:* profesor de secundaria, Colegio Gutenberg Schule, Ecuador.

Este trabalho é uma primeira fase de um projeto mais amplo que visa analisar as atitudes em relação às matemáticas de alunos de graduação do curso de formação de professores e professores em exercício dos níveis de educação infantil e fundamental no contexto ibero-americano. Para tal, realizamos uma revisão bibliográfica das ferramentas utilizadas e identificamos o questionário mais aplicado no ambiente de fala hispana: o questionário de Auzmendi. Analisamos sua adequação para a nossa amostragem, integrada por 205 alunos de graduação do curso de formação de professores de educação infantil e fundamental, mediante uma análise fatorial exploratória e confirmatória realizada com o programa SPSS v22. Os resultados apontam que, para esta amostragem, o modelo de cinco fatores do questionário é inadequado, sendo melhor um modelo de um fator com sete itens. Concluímos que o questionário modificado de Auzmendi é uma boa ferramenta para valorizar o fator ansiedade no contexto deste projeto.

Palavras-chave: educação infantil, ensino fundamental, atitudes em relação às matemáticas, professores

This work represents the first stage of a wider project that aims at analyzing teacher trainees' and practicing teachers' attitudes towards mathematics in childhood and primary education in the Ibero-American context. In order to do that, we carried out a review of the literature on the implemented tools, and we identified the questionnaire that is extensively used in the Spanish-speaking world: Auzmendi's questionnaire. We analyzed its appropriateness regarding our sample population, which was made up of 205 teacher trainees of childhood and primary school through an exploratory factorial and confirmatory analysis carried out using SPSS v22 software. The results show that for this sample the five-factor model of the questionnaire is not appropriate, whereas a model of one factor with seven items seems to be more adequate. We concluded that Auzmendi's modified questionnaire is a good tool to assess the anxiety factor in the context of this project.

228

Key words: childhood education, primary education, attitudes towards mathematics, teachers

Introducción

Este estudio es un primer paso de un proyecto más amplio que se desarrollará en el entorno iberoamericano al amparo de la OEI, y que analizará la posible relación entre las actitudes hacia las matemáticas del profesorado de educación obligatoria y las prácticas docentes que emplean. En segundo lugar se pretende determinar cómo esto influye en las actitudes de sus alumnos. Para ello se ha constituido un grupo de trabajo a través del foro IBERCIENCIA de la OEI. Se estudiará una muestra compuesta por maestros y profesores ya en servicio y por estudiantes para maestro, pues lo serán en el futuro, así como de su alumnado. La muestra será de ámbito iberoamericano, pues incluirá miembros de España, Portugal, Argentina, Colombia, Ecuador y Venezuela. La hipótesis de la que partimos es que existe relación entre las creencias y actitudes hacia las matemáticas de los maestros, pues éstas están implícitas en la forma en que ellos enseñan la materia, y viceversa: la manera de enseñar las matemáticas está determinada por cómo ellos y ellas las perciben. Continuando con la hipótesis, estas actitudes y creencias y las prácticas docentes influirán en las actitudes hacia las matemáticas de sus estudiantes.

El primer paso para determinar cómo el estudio empleará una metodología cuantitativa a una muestra numerosa mediante cuestionarios es precisamente éste: elegir el cuestionario adecuado. En este primer estadio se ha realizado una revisión bibliográfica de los cuestionarios más empleados en el área iberoamericana. Entre ellos se ha elegido el más ampliamente usado, el cuestionario de Auzmendi (1992), y se le ha realizado un análisis psicométrico para aplicarlo a nuestra muestra piloto.

229

1. Marco teórico: actitudes hacia las matemáticas en maestros y estudiantes del grado de maestro

Las actitudes en educación se definieron a lo largo del siglo XX de diversas formas (Aiken, 1970; Hart, 1989), pero todas las definiciones incluyen un componente comportamental, es decir: que las actitudes actúan como una fuerza motivacional del comportamiento humano. Concretamente, en lo relativo al concepto de actitud en educación matemática, los educadores han usado el término con una definición menos clara que los psicólogos. Se considera algo observable a través de instrumentos de medida diseñados para medir los componentes específicos de la actitud (MacLeod, 1988, 1989 y 1992).

En este trabajo retomamos la definición genérica de actitud que Inés González (2000) recoge en su libro *Matemática emocional* (p. 23): “predisposición evaluativa de conducta que determina las intenciones personales e influye en el comportamiento”. González considera que la actitud consta de un componente cognitivo, un componente afectivo y un componente intencional. Cuando se trata de actitudes matemáticas, se pueden distinguir dos grandes categorías reconocidas ya por el *National Council of Teachers of Mathematics* (1979): actitudes hacia las matemáticas y actitudes matemáticas. Las primeras se ven más afectadas por el componente afectivo y las segundas por el cognitivo. Es el aspecto afectivo el que más nos interesa en este trabajo.

Las investigaciones en educación con alumnado universitario se vienen haciendo desde hace poco tiempo. En concreto, las investigaciones centradas en la descripción y el análisis de los dominios del conocimiento de los estudiantes universitarios y en su desarrollo profesional se han intensificado en los últimos años. Sin embargo, los estudios referidos al dominio afectivo (actitudes, creencias y emociones) no han cobrado tanta fuerza en la educación superior como en las etapas previas a la universidad.

A juzgar por lo que se encuentra en la bibliografía, existen trabajos en el entorno iberoamericano sobre el análisis de las actitudes hacia la estadística en los docentes en ejercicio (Estrada, Batanero y Fortuny, 2004; Estrada, 2007; Estrada, Bazán y Aparicio, 2013; Maz-Machado, León-Mantero, Casas y Renaudo, 2015). Sobre las actitudes hacia las matemáticas se encuentran trabajos hechos con estudiantes para maestro (Caballero, Blanco, y Guerrero, 2007; Fernández Cézár y Aguirre Pérez, 2010a y 2010b; Nortes Checa *et al.* 1992; Nortes Artero-Martínez y Nortes Checa, 2013 y 2014; Maz-Machado, León-Mantero y Casas, 2014; Soneira, Mato y de la Torre, 2014), pero son escasos los que tratan con maestros ya en servicio (Gómezescobar Camino y Fernández Cézár, 2016). Con este último colectivo vienen haciéndose estudios desde hace más tiempo en el entorno anglosajón, como los realizados por Wood (1988). Los estudios sobre profesores con experiencia en la educación primaria realizados por este autor muestran que el 16% de ellos puede clasificarse como personas con ansiedad hacia las matemáticas, y a veces los temores son tan elevados que necesitan tratamiento (Fotoples, 2000). Es una realidad que los recuerdos negativos hacia determinadas asignaturas son tan profundos que pueden persistir toda la vida, y en el caso de las matemáticas esto es más acentuado todavía (Barrantes y Blanco, 2006).

230

El papel de los actuales y futuros docentes es vital en la enseñanza de las matemáticas y en la implementación de la educación matemática, pues ésta es una materia presente en toda la enseñanza obligatoria (Nortes Martínez-Artero y Nortes Checa, 2013). La formación de los docentes, sus expectativas, motivaciones, actitudes y las diferentes visiones de su actual o futura profesión son de gran influencia en su alumnado (Sánchez Mendías, Segovia Alex y Miñán Espigares, 2011). Según Blanco Nieto, Guerrero Barona y Caballero Carrasco (2009) y Pérez-Tyteca *et al.* (2009), estas dimensiones afectivas forman parte de la enseñanza-aprendizaje en la educación matemática: los docentes de la enseñanza obligatoria lo son de todos los ciudadanos, y son de gran importancia para modelar la visión de las matemáticas que tiene la población en general. En la práctica docente del maestro se reflejan las actitudes y creencias del maestro sobre las matemáticas, y esa práctica influye en el aprendizaje del alumno (Estrada Roca, 2007; Jong, Hodges, Royal y Welder, 2015). Por eso estos factores afectivos son un elemento muy importante en la educación matemática. Tan es así, que Artero y Checa (2013), entre otros autores, consideran que uno de los objetivos más importantes de la educación es desarrollar ciertas actitudes, incluso más importante que adquirir conocimientos.

Aunque encontramos estudios comparativos con estudiantes para maestro y maestros en servicio entre países hispanoamericanos en el ámbito de las actitudes

hacia la estadística, en concreto entre Perú y España, en Estrada, Batán y Aparicio (2013), no encontramos trabajos de esta naturaleza en el ámbito de las actitudes hacia las matemáticas. Ese aspecto se trata en este trabajo.

2. Metodología

Este trabajo tiene dos partes bien diferenciadas. La primera es de naturaleza exploratoria y pretende identificar los instrumentos más empleados en el estudio de actitudes hacia las matemáticas en maestros y estudiantes para maestro en el entorno iberoamericano. La segunda es cuantitativa y consiste en validar el cuestionario más ampliamente empleado en para medir la actitud hacia las matemáticas de actuales y futuros docentes de matemáticas de educación infantil y primaria. Se estudia con una muestra compuesta por 205 individuos que son maestros en servicio (53) o estudiantes para maestro de las etapas de educación infantil y primaria en España (152). Todo el análisis estadístico se realiza con el paquete informático SPSS v22. Por lo tanto, se plantean los siguientes objetivos: i) revisar los instrumentos empleados para determinar la actitud hacia las matemáticas para estudiantes de grado de maestro y maestros en servicio e identificarlos; y ii) analizar la validez del cuestionario para nuestra muestra mediante análisis factorial.

3. Resultados

3.1. Revisión de los instrumentos para determinar las actitudes hacia las matemáticas

Dada la importancia de esta población, resulta muy importante determinar la validez y fiabilidad de los instrumentos con los que se vienen midiendo las actitudes hacia las matemáticas. Carmona (2004) hizo una revisión de los instrumentos que se habían empleado hasta esa fecha para medir las actitudes hacia la estadística y de los procedimientos de validación de los mismos que se aportaban en cada caso, destacando que no se incluían estudios psicométricos adecuados. No encontramos una revisión similar de los empleados para las actitudes hacia las matemáticas. Observamos en los estudios más actuales realizados con la población que nos interesa que se incluyen análisis de validación de los cuestionarios empleados, como en el trabajo de Naya, Soneira, Mato y de la Torre (2014).

El cuestionario más ampliamente empleado en el entorno español e hispano es la encuesta de Auzmendi (1992), y en menor medida el de Tapia (1996). Sobre el primer cuestionario, la autora en su tesis (1991; citado en Carmona, 2004) aporta datos sobre su estructura interna, para la que aporta un modelo en cinco factores que explican el 60,7% de la varianza, mientras que posteriormente Sánchez-López (1996) reporta una estructura distinta: cuatro factores que explican el 53,5% de la varianza. Pretendemos determinar la validez y confiabilidad de este cuestionario con la muestra que nos ocupa y que se compone de estudiantes del grado de maestro en educación infantil y primaria, y maestros en servicio de estas etapas de la educación.

Nos planteamos si es adecuado el uso del mismo instrumento para el alumnado de menos edad que para alumnado universitario o profesorado en servicio. Encontramos que distintos autores elaboran sus propios cuestionarios para las diferentes etapas educativas, como Alemany Arrebola y Lara (2010) para secundaria, Palacios, Arias, y Arias (2014) para alumnado universitario, o Naya, Soneira, Mato y de la Torre (2014) para futuros maestros y maestras. En nuestro caso, es necesario disponer de material adecuado, adaptado a la realidad de los distintos países participantes, y a las distintas edades de la población investigada. Por ello, al revisar los instrumentos empleados para evaluar las actitudes hacia las matemáticas del profesorado de matemáticas, y también los empleados para los estudiantes para maestro, se concluye que entre los existentes el más empleado en España es el de Auzmendi (Caballero, Blanco, y Guerrero, 2007; Fernández C  zar y Aguirre Pérez, 2010a y 2010b; Nortes Checa *et al.*, 1992; Nortes Artero-Martínez y Nortes Checa, 2013, 2014; Maz-Machado, León-Mantero y Casas, 2014). En el área iberoamericana, se trabaja también en cierta medida con el cuestionario de Tapia (1996). Dado que el segundo se emplea como medida de la actitud hacia las matemáticas cuando éstas se aprenden en entornos no formales, y dado que nosotros queremos estudiar la actitud hacia la asignatura de matemáticas en entornos de enseñanza formal como son los centros docentes, nos decantamos por emplear el cuestionario de Auzmendi.

3.2. Análisis de la idoneidad para nuestra muestra del cuestionario

232

El cuestionario de Auzmendi es un cuestionario de robustez probada en la publicación original, aunque sobre él hay reportada información diferente respecto a su estructura interna (Auzmendi, 1991; Sánchez-López, 1996). Así Auzmendi propone un modelo de cinco factores que es el que usan todos los trabajos que lo emplean, mientras que Sánchez-López propone un modelo con cuatro. Nosotros hemos procedido a realizar un análisis factorial exploratorio para determinar su validez con la población que es de nuestro interés, y en concreto con nuestra muestra. Analizamos la consistencia interna del cuestionario con nuestros datos mediante el alfa de Cronbach. Obtenemos 0,915, un valor muy cercano a 1, lo que nos hace concluir que es consistente. Realizamos un análisis factorial exploratorio (**Tabla 1**), con un coeficiente KMO y Bartlett de 0.921 (sig. .000).

Tabla 1. Matriz de factor rotado con método de extracción de máxima verosimilitud y método de rotación Varimax con normalización Kaiser

	Factor				
	1	2	3	4	5
Pregunta_01	,166	,189	,375	,523	-,046
Pregunta_02*	,593	,085	,361	,143	-,070
Pregunta_03	,560	,480	,020	,151	,000
Pregunta_04	,435	,694	,242	,167	-,051
Pregunta_05*	,205	,235	,531	,248	,138
Pregunta_06	,009	,522	,293	,461	,189
Pregunta_07*	,740	,308	,418	-,034	-,193
Pregunta_08	,768	,255	-,013	,195	,015
Pregunta_09	,383	,726	,276	,156	,106
Pregunta_10*	,058	,168	,658	,292	-,159
Pregunta_11	,158	,355	,110	,426	-,045
Pregunta_12*	,712	,073	,140	,193	-,006
Pregunta_13	,746	,155	-,048	,243	,070
Pregunta_14	,507	,576	,317	,245	,107
Pregunta_15*	,275	,221	,477	,158	,150
Pregunta_16*	,067	,250	,501	,258	,236
Pregunta_17*	,710	,241	,362	-,063	,493
Pregunta_18	,712	,196	,146	,051	,059
Pregunta_19	,381	,535	,226	,297	-,085
Pregunta_20	,257	,215	,076	,359	,048
Pregunta_21	,048	,163	,161	,523	-,074
Pregunta_22*	,807	,221	,155	,215	,204
Pregunta_23	,348	,102	,122	,441	,100
Pregunta_24	,123	,630	,225	,322	,091
Pregunta_25*	,141	,070	,279	,507	,323

233

Lo que obtenemos es una estructura en dos factores con un porcentaje de varianza explicada para F1 del 41,84% y para F2 del 10,01%. El F1 está formado por ítems que tienen una carga factorial superior .70, y se corresponden con la escala de ansiedad. Son el 7, 8, 12, 13, 17, 18 y 22. El F2 está formado por tres ítems con una carga superior a .63, y son el 4, 9 y 24. Se corresponde con la escala de agrado. Para acabar de valorar la idoneidad del cuestionario para nuestra muestra realizamos un análisis factorial confirmatorio. Los resultados globales del mismo (CFI .99; RMSEA .051) para el modelo de un factor, M1F, indican que el modelo de medición es aceptable (**Tabla 2**).

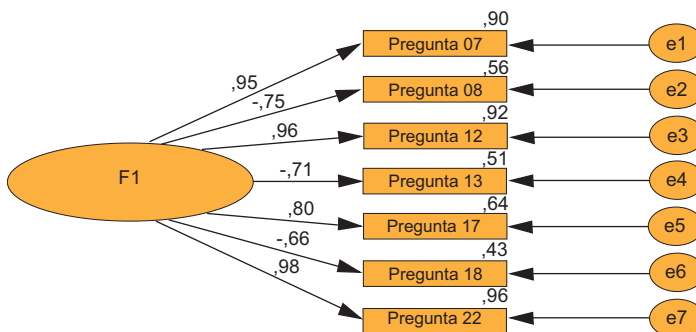
Tabla 2. Índices absolutos, incrementales y de parsimonia para los modelos generados

	Índices absolutos	Índices incrementales	Índices de parsimonia		
Modelo	RMSEA	TLI	CFI	CMIN/DF	AIC
M2F	.072	.96	.98	6.905	235.518
M1F	.052	.984	.99	4.069	98.97

Nota: RMSEA = raíz cuadrática media del error de aproximación; TLI = Índice de Tucker-Lewis; CFI = índice de ajuste comparativo.; CMIN/DF = índice de ajuste chi-cuadrado dividido por los grados de libertad; AIC = criterio de información de Akaike.

En el modelo de dos factores (M2F) el valor del índice de ajuste chi-cuadrado dividido por los grados de libertad, CMIN/DF, no es adecuado, además de tener un criterio de información de Akaike, AIC, con un valor demasiado alto. Sin embargo, se mejora el modelo con un solo factor (M1F), ansiedad, que implica un conjunto de siete ítems (7, 8, 12, 13, 17, 18 y 22) que explican el 41,84% de la varianza total.

Figura 1. Modelo de un factor, M1F, e ítems que lo constituyen



Para la cuantificación total del factor ansiedad, hay que tener en cuenta que, dada su formulación negativa, los ítems 7, 12, 17 y 22 tienen que invertirse. Llamaremos a este conjunto de ítems cuestionario modificado de Auzmendi, y lo recomendamos como constructo para medir la ansiedad en maestros y estudiantes del grado de maestro en educación infantil y primaria.

Conclusiones

Del análisis de la bibliografía existente se observa que el cuestionario más ampliamente utilizado en el entorno iberoamericano para el estudio de las actitudes hacia las matemáticas es el cuestionario de Auzmendi. Sin embargo, no existen estudios de validez y confiabilidad del mismo mediante análisis factorial exploratorio y confirmatorio. Realizado este análisis con una muestra piloto de 205 individuos, se concluye que el modelo de cinco factores propuesto por la autora no puede emplearse en este caso. Sin embargo, el análisis confirmatorio nos da un modelo muy aceptable de un factor, ansiedad, compuesto por siete ítems. Recomendamos, pues, estos ítems como un buen constructo para medir la ansiedad en maestros en ejercicio y estudiantes para maestro de educación infantil y primaria. En este proyecto se empleará este cuestionario modificado de Auzmendi para valorar la ansiedad, como parte del cuestionario que elaboremos para correlacionar con las prácticas docentes.

Bibliografía

AIKEN, L. R. Jr. (1970): "Attitudes towards Mathematics", *Review of Educational Research*, vol. 40, pp. 551-596.

ALEMANY ARREBOLA, I. y LARA, A. I. (2010): "Las actitudes hacia las matemáticas en el alumnado de eso: un instrumento para su medición", *Publicaciones*, vol. 40, pp. 49-71.

235

ALLPORT, G. W. (1935): "Attitudes", en Murchinson C. (ed.): *A Handbook of Social Psychology*, Worcester, Clark University Press.

AUZMENDI ESCRIBANO, E. (1992): *Las actitudes hacia la matemática-estadística en las enseñanzas medias y universitaria. Características y medición*, Bilbao, Ediciones Mensajero.

BARRANTES, M. y BLANCO, L. J. (2004): "Recuerdos, expectativas y concepciones de los estudiantes para maestro sobre la geometría escolar", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 22, n° 2, pp. 241-250.

BLANCO NIETO, L., GUERRERO BARONA, E. y CABALLERO CARRASCO, A. (2009): "El dominio afectivo en la construcción del conocimiento didáctico del contenido sobre resolución de problemas de matemáticas", *Enseñanza de las ciencias, (extra)*, pp. 362-365.

BEGLE, E. G. (1979): *Critical Variables in Mathematics Education*, MAA-NCTM, Washington.

BELL, A. W., COSTELLO, J. y KUCHEMANN, D. (1983): *A Review of Research in Mathematical Education*, Part A, NFER-Nelson, Windsor.

BISHOP, A. J. y NICKSON, M. (1983): *A Review of Research in Mathematical Education*, Part B, NFER-Nelson, Windsor.

BROUSSEAU, G. (2007): *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas/Introduction to study the theory of didactic situations*, Libros del Zorzal.

CABALLERO, A., BLANCO, L. J. y GUERRERO, E. (2007): “Las actitudes y emociones ante las Matemáticas de los estudiantes para Maestros de la Facultad de Educación de la Universidad de Extremadura”, *Investigación en Educación Matemática. Comunicaciones de los grupos de investigación*, XI Simposio de la SEIEM.

CARMONA MÁRQUEZ, J. (2004): “Una revisión de las evidencias de fiabilidad y validez de los cuestionarios de actitudes y ansiedad hacia la estadística”, *Statistics Education Research Journal*, vol. 3, n° 1, pp. 5-28. Disponible en: <http://www.stat.auckland.ac.nz/serj>. Consultado el 14 de junio de 2016.

DE SMEDT, B. y VERSCHAFFEL, L. (2010): “Traveling down the road: from cognitive neuroscience to mathematics education... and back”, *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, vol. 42, n° 6, pp. 649-654.

DIENES, Z. P. (1964): *Mathematics in the primary school*, Macmillan.

236 ERNEST, P. (1988): *Proceedings of the 12th International Conference on the Psychology of Mathematics Education*, Ed. Veszprem, pp. 288-295.

ESTRADA, A. (2007): “Actitudes hacia la Estadística: un estudio con profesores de educación primaria en formación y en ejercicio”, en M. Camacho, P. Flores y P. Bolea (eds.): *Investigación en Educación Matemática XI*, pp. 121-140.

ESTRADA, A.; FORTUNY, J. M. y BATANERO BERNABEU, C. (2004): “Un estudio comparado de las actitudes hacia la estadística en profesores en formación y en ejercicio”, *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 22, n° 2, pp. 263-274.

ESTRADA, A.; BAZÁN, J. y APARICIO, A. (2013): “Evaluación de las propiedades psicométricas de una escala de actitudes hacia la estadística en profesores”, *Avances de Investigación en Educación Matemática*, AIEM, 3, 5-23.

FERNÁNDEZ CÉZAR, R. y AGUIRRE PÉREZ, C. (2010a): “Actitudes iniciales hacia las matemáticas de los alumnos de grado de magisterio de Educación Primaria: Estudio de una situación en el EEES”, *Unión: revista iberoamericana de educación matemática*, vol. 23, pp. 107-116.

FERNÁNDEZ CÉZAR, R. y AGUIRRE PÉREZ, C. (2010b): “Evolution of the attitudes towards Mathematics of Spanish students of Primary Education Degree”, *International Journal for Knowledge, Science and Technology*, vol. 2, pp. 14-19.

FOTOPLES, R. M. (2000): "In my view: Overcoming math anxiety", *Kappa Delta Pi Record*, vol. 36, n° 4, pp. 149-151.

GODINO J. D., BATANERO, C., FONT, V., CID, E., RUIZ, F. y ROA R. (2004): *Didáctica de las matemáticas para maestros, Proyecto Edumat-Maestros*. Disponible en: <http://www.ugr.es/local/jgodino/fprofesores.html>. Consultado el 14 de junio de 2016.

GÓMEZ CHACÓN, I. M. (2000): *Matemática emocional. Los afectos en el aprendizaje Matemático*, Madrid. Narcea S.A. de Ediciones.

GÓMEZESCOBAR CAMINO, A. y FERNÁNDEZ CÉZAR, R. (2016): "Las actitudes hacia las matemáticas de maestros de educación infantil y primaria", *IX Jornadas de difusión de la investigación*, Seminario Permanente de Ciencias Sociales, Facultad de Ciencias Sociales y Jurídicas de la Universidad de Castilla La Mancha.

HART, L. E. (1989): "Describing the affective domain: saying what we mean", en D. B. McLeod y V. M. Adams: *Affect and mathematical problem solving: A new perspective*, Nueva York, Springer-Verlag, pp. 37- 48.

JONG, C., HODGES, T. E., ROYAL, K. D y WELDER, R. M. (2015): "Instruments to Measure Elementary Preservice Teachers' Conceptions", *Educational Research Quarterly*, vol. 39, n° 1, pp. 21-48.

MACLEOD, D. B. (1988): "Affective issues in mathematical problem solving: Some theoretical considerations", *Journal for Research in Mathematics Education*, vol. 19, pp. 134-140.

MACLEOD, D. B. (1989): "The role of affect in mathematical problem solving", en D. B. McLeod y V. M. Adams: *Affect and mathematical problem solving: A new perspective*, Nueva York, Springer-Verlag, pp. 20-36.

MACLEOD, D. B. (1992): "Research on affect in mathematics education: A reconceptualization", en D. A. Grows (eds): *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, Nueva York, Macmillan N.C.T.M, pp.575-596.

MATO, M. D. y DE LA TORRE, E. (2010): "Evaluación de las actitudes hacia las matemáticas y el rendimiento académico", *PNA*, vol. 5, n° 1, pp. 197-208.

MAZ-MACHADO, A., LEÓN-MANTERO, C. y CASAS, J. C. (2014): "Actitudes hacia las matemáticas en estudiantes del grado de primaria", *Investigación en Educación Matemática*, vol. 18, p. 597.

NAYA, M. C., SONEIRA, C., MATO, M. D. y DE LA TORRE, E. (2014): "Cuestionario sobre actitudes hacia las matemáticas en futuros maestros de Educación Primaria. Questionnaire on attitudes towards mathematics in future teachers of Primary Education", *Revista de Estudios e Investigación en Psicología y Educación*, vol. 1, n° 2, pp. 141-149.

NORTES CHECA, A. y MARTÍNEZ ARTERO, R. (1992): "Actitud, Aptitud y Rendimiento en matemáticas: un estudio en primero de magisterio", *Suma*, vol. 10, pp. 36-40.

NORTES MARTÍNEZ-ARTERO, R. y NORTES CHECA, A. (2013): "Actitud hacia la matemática en futuros docentes de primaria y de secundaria", *Edetania*, vol. 44, pp. 47-76.

NORTES MARTINEZ-ARTERO, R. y NORTES CHECA, A. (2014): "¿Tienen ansiedad hacia las matemáticas los futuros matemáticos?", *Profesorado: Revista de curriculum y formación del profesorado*, vol. 18, n° 2, pp. 153-170.

PALACIOS, A. ARIAS, V. y ARIAS, B. (2014): "Las actitudes hacia las matemáticas: construcción y validación de un instrumento para su medida", *Revista de Psicodidáctica*, vol. 19, n° 1, pp. 67-91.

PÉREZ-TYTECA, P., MARTINEZ, E. C., ALEX, I. S., MARTINEZ, E. C., GARCIA, F. F. y CANO, F. (2009): "El papel de la ansiedad matemática en el paso de la educación secundaria a la educación universitaria", *PNA*, vol. 4, n° 1, pp. 23-35.

SÁNCHEZ-LÓPEZ, C. R. (1996): "Validación y análisis ipsativo de la Escala de Actitudes hacia la Estadística", *Análisis y Modificación de Conducta*, vol. 22, pp. 799-819.

238

SÁNCHEZ MENDÍAS, J., SEGOVIA ALEX, I. y MIÑÁN ESPIGARES, A. (2011): "Exploración de la ansiedad hacia las matemáticas en los futuros maestros de Educación Primaria", *Revista de Currículo y Formación del Profesorado*, vol. 15, n° 3, pp. 297-312. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10481/23160>. Consultado el 14 de junio de 2016.

SÁNCHEZ RUIZ, J. G. y URSINI, S. (2010): "Actitudes hacia las matemáticas y matemáticas con tecnología: estudios de género con estudiantes de secundaria", *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, vol. 13, n° 4, pp. 303-318.

TAPIA, M. (1996): *The Attitudes toward Mathematics Instrument*. Disponible en: <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED404165.pdf>. Consultado el 14 de junio de 2016.

**Fóruns de Negociações Simulados no Ensino de Engenharia:
Análise de uma Estratégia Didática**

**Foros de negociaciones simulados en la enseñanza de ingeniería:
análisis de una estrategia didáctica**

***Simulated Negotiation Forums In The Teaching Of Engineering:
Analysis Of A Teaching Strategy***

Vágner Ricardo de Araújo Pereira e Carlos Roberto Massao Hayashi *

Este artigo apresenta a análise de uma estratégia didática denominada Fórum de Negociação Simulado, que foi desenvolvida junto a uma turma de engenharia de uma instituição privada do interior do Estado de São Paulo. A análise foi realizada à luz de autores do campo de estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade) e das diretrizes curriculares nacionais para os cursos de engenharia. Os resultados indicam que os fóruns de negociações simulados são reconhecidos pelos estudantes como uma importante estratégia para a formação profissional. Destaque foi dado à interdisciplinaridade, pelo cruzamento de conhecimentos específicos de engenharia com outros aspectos, por exemplo, sociais, culturais e políticos. Além disso, foram valorizadas habilidades em construir e expor argumentos em defesa das ideias de determinado ator, representado pelo estudante no debate gerado. A oportunidade de ouvir ideias divergentes também foi considerada importante para a melhoria do processo de tomada de decisão em torno de um projeto tecnológico, cujos temas definidos para os fóruns foram caracterizados por controvérsias sociotécnicas.

239

Palavras-chave: Fórum De Negociação Simulado, ciência, tecnologia e sociedade (CTS), ensino de engenharia

* *Vágner Ricardo de Araújo Pereira*: professor de física no Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos (UNIFEB), mestre em educação e doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal de São Carlos (PPGCTS/UFSCar), Brasil. E-mail: vagnerap2@gmail.com. *Carlos Roberto Massao Hayashi*: doutor em educação e professor do Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal de São Carlos (PPGCTS/UFSCar), Brasil. E-mail: massao@ufscar.br.

Este artículo presenta el análisis de una estrategia didáctica llamada Foro de Negociación Simulado, desarrollada con un grupo de ingeniería de una institución del interior del Estado de San Pablo. El análisis se realizó con base en autores del campo de estudios CTS (ciencia, tecnología y sociedad) y pautas curriculares nacionales para las carreras de ingeniería. Los resultados indican que los foros de negociaciones simulados son reconocidos por los estudiantes como una importante estrategia para la formación profesional. Se priorizó la interdisciplinariedad, debido al cruce entre conocimientos específicos de ingeniería y otros aspectos, por ejemplo: sociales, culturales y políticos. Además, se valoraron las habilidades para elaborar y exponer argumentos en defensa de las ideas de determinado actor, representado por el estudiante en el debate generado. La oportunidad de escuchar ideas divergentes también fue considerada importante con el objetivo de mejorar el proceso de toma de decisión relativo a un proyecto tecnológico, cuyos temas, definidos para los foros, se caracterizaron por presentar controversias sociotécnicas.

Palabras clave: Foro de Negociación Simulado, ciencia, tecnología y sociedad (CTS), enseñanza de ingeniería

This article presents the analysis of a teaching strategy called Simulated Negotiation Forum developed with an engineering group from an institution from the inner area of the State of São Paulo. The analysis was conducted based on authors from the STS (science, technology and society) field of studies and on curricular national guidelines for the engineering courses of study. The results indicate that students see simulated negotiation forums as an important strategy for professional training. Its interdisciplinary aspect was prioritized due to the crossing between specific engineering knowledge and other aspects, such as social, cultural and political ones. Moreover, the skills to come up with and present arguments to defend the ideas of a specific player represented by a student in the resulting debate were greatly valued. The opportunity to listen to divergent ideas was also deemed important with the aim of improving the decision-making process in relation to a technological project whose themes, defined for the forums, were characterized by presenting sociotechnical controversies.

240

Key words: Simulated Negotiation Forum, science, technology and society (STS), engineering teaching

Introdução

Este artigo apresenta os resultados parciais de uma pesquisa desenvolvida em uma instituição de ensino, do interior do Estado de São Paulo, Brasil. Conceitos do campo de estudos CTS (ciência, tecnologia e sociedade) fundamentam a construção de uma estratégia didática denominada Fórum de Negociação Simulado e instrumentos de coleta de dados, ambos elaborados para o ensino de engenharia. A análise foi realizada a partir da percepção dos estudantes à luz dessas teorias. Não é objetivo deste artigo analisar os argumentos utilizados pelos estudantes no fórum, o que ocorrerá em outro momento.

A proposta educacional presente nas Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para os cursos de engenharia no Brasil (Brasil, 2002) orienta para uma formação humanista, que vai muito além dos aspectos técnicos de cada área, pois propõe uma formação crítica e reflexiva, visando uma atuação profissional que leva em conta diversos aspectos, políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, para atender as demandas da sociedade contemporânea.

Apesar das propostas curriculares apresentarem tais preocupações, a realidade da sala de aula no Brasil ainda está muito distante de operacionalizar tais propostas, oferecendo, na maioria das vezes, um ensino tradicional, que reforça a aprendizagem mecânica e a memorização de conteúdos técnicos. Há divergências entre a rotina da sala de aula e os documentos que formalizam burocraticamente essa realidade, bem como rupturas dessa vivência e as necessidades da sociedade para o século XXI, incluindo as do mercado de trabalho, pois questões éticas e culturais muitas vezes são desconsideradas.

Assim, o ensino tradicional de engenharia não vem cumprindo plenamente com seus objetivos, pois não proporciona condições para que os estudantes adquiram as habilidades e competências necessárias à formação de um profissional que atenda aos anseios da sociedade. Vários problemas podem ser identificados no sistema educacional, dentre eles o fato de os conhecimentos sistematizados na área tecnológica estarem estruturados para um ensino dissociado do mundo real, centrado no trabalho individual, cujo “ambiente de sala de aula desencoraja a participação ativa dos estudantes” (Bazzo, 2010: 28).

Para Casanova (2006: 68), a reflexão sobre a contemporaneidade, em busca de um mundo menos injusto, mais livre e menos destrutivo, depende de uma nova ação cívica, política, humana e ecológica, devendo “internalizar o novo sentido comum da criação humana nas mais distintas civilizações, culturas e níveis educativos”. Para isso, a educação deve estar voltada para a cidadania, envolvendo, nos processos de tomadas de decisão, o maior número possível de membros de diversos setores da sociedade.

A reflexividade ganha respaldo nos trabalhos de Giddens (1991: 49), quando afirma que a modernidade a incorpora, pois os conhecimentos das pessoas são intrínsecos às suas relações sociais.

“A reflexividade da vida social moderna consiste no fato de que as práticas sociais são constantemente examinadas e reformadas à luz de informação renovada sobre estas próprias práticas, alterando assim constitutivamente seu caráter (...) somente na Era da modernidade a revisão da convenção é radicalizada para se aplicar (em princípio) a todos os aspectos da vida humana, inclusive à intervenção tecnológica no mundo material” (Giddens, 1991: 49).

No Brasil, entre 2008 e 2013, o número de cursos de engenharia quase duplicou, tanto em escolas públicas quanto em escolas privadas, de acordo com o censo realizado pelo Ministério da Educação (Brasil, 2013). Esse crescimento não ocorreu de maneira homogênea no país, mas a expansão dos cursos acompanhou os indicadores econômicos e populacionais. “Verifica-se que nos Estados onde houve um crescimento econômico diferenciado ocorre também um crescimento mais acentuado no número de cursos nos últimos anos” (Oliveira *et al.*, 2013: 42).

Desde a Segunda Guerra Mundial, de acordo com Schwartzman (2014), a educação superior vem crescendo vertiginosamente. No Brasil, observa-se um forte crescimento a partir de 1970. Para o autor, a justificativa para esse avanço é o fato da educação superior ser vista como essencial ao desenvolvimento tanto econômico como social dos países e, com isso, obter financiamento dos setores público e privado.

242

Na sociedade moderna, as pessoas se agrupam e se organizam para enfrentarem uma diversidade de problemas, além de interpretar a si mesmos e o meio em que vivem. Para isso, assumem responsabilidades, administram conflitos e tomam decisões, sendo que a formação superior adquire papel de destaque (Schwartzman, 2014: 18).

1. O campo de estudos CTS como fundamento para uma estratégia didática no ensino superior

A partir da Segunda Guerra Mundial questões envolvendo ciência e tecnologia tornaram-se mais significativas, justamente pelo fato de que suas consequências podem afetar a vida de todos. Tais preocupações foram se avolumando a ponto de constituírem, atualmente, um importante campo de estudos, delineando pesquisas que abordam o impacto e as ameaças da ciência e da tecnologia na sociedade, bem como no seu sentido inverso, ou seja, o impacto e precauções da sociedade na construção da ciência e da tecnologia. Com isso, estabeleceu-se uma imbricada relação entre ciência, tecnologia e sociedade denominada CTS.

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia permaneceu blindado ao questionamento durante o período de rápido crescimento econômico que sucedeu a Segunda Guerra Mundial. Entretanto, por volta dos anos de 1970, a consciência dos riscos que a tecnologia pode trazer, juntamente com seus benefícios em diversas áreas de conhecimento, aflorou. Problemas ambientais e de saúde pública, bem

como a comunicação, começaram a ganhar importância concomitantemente a ideia de progresso (Nelkin, 1995: 445).

Duas tradições são reconhecidamente responsáveis pela origem desse campo de estudos, a norte-americana e a europeia. Enquanto a tradição norte-americana prioriza a tecnologia e suas consequências para a sociedade, destacando aspectos éticos, políticos e filosóficos, a tradição europeia prioriza a construção da ciência, utilizando como referência teorias antropológicas, sociológicas e psicológicas (Veraszto *et al.*, 2011; Hayashi; Hayashi; Furnival, 2008). Discussões da corrente norte-americana podem ser bem adequadas à formação de estudantes de engenharia, pois estabelecem um forte vínculo com questões práticas, ao passo que a corrente europeia pode aproximar-se mais da formação de estudantes das áreas científicas, como biologia, física e química. Entretanto, pensando na formação do estudante como um profissional que atua na sociedade não somente como especialista, mas também como cidadão, e que pode opinar sobre questões que vão além de seu campo de atuação específico, ambas as tradições oferecem contribuições importantes na área da educação.

“Em uma sociedade onde cada vez mais a tecnologia se faz presente e os cidadãos querem fazer parte do seu desenvolvimento, a estrutura curricular claudicante fundamentada em metodologias ultrapassadas precisa ser revista e modificada” (Veraszto *et al.*, 2011: 204).

243

Benakouche (2011) destaca três temas para o campo de estudos CTS, ou seja, os riscos tecnológicos e científicos, a participação pública em ciência e a formação para a prática científica e para a inovação tecnológica. Tais temas podem se desdobrar em diversos outros, ainda mais específicos. Entretanto, no ensino de engenharia, o último tema assume maior relevância, cujas teorias sociológicas podem oferecer importantes contribuições. Destaca-se aqui a Teoria Ator-Rede (ANT, na sigla em inglês), as controvérsias sociotécnicas e a Construção Social da Tecnologia (SCOT, na sigla em inglês).

A ANT tem suas origens na tentativa de compreender o processo de construção da ciência e da tecnologia, da tecnociência, tendo em vista que o desenvolvimento de ambas envolvem processos semelhantes. A ANT representa a tecnociência como uma criação de redes que vão se ampliando e, assim, ficando mais poderosas. No entanto, os atores da ANT são heterogêneos incluindo tanto seres humanos quanto artefatos, sem distinção metodológica significativa entre eles. Ambos formam associações, ligando-se com outros atores para formarem redes. Humanos e não humanos têm interesses que precisam ser acomodados, podem ser administrados, o que os levam a agir (Sismondo, 2010).

O objetivo, de acordo com Fenwick e Edwards (2012), é entender como os atores interagem e se mantêm juntos, agrupando-se em redes. As análises ANT focalizam detalhadamente as negociações por meio dos pontos de conexão. Os elementos podem se conectar com outros de maneira a obter ganhos dentro de uma situação

particular, podem também pretenderem se conectar, ou parecerem excluídos, mesmo quando estão, de fato, conectados.

O intrincado elo entre a técnica e a dinâmica social são aspectos relevantes à ANT, ou seja, os atores discordam e negociam acerca das características técnicas, tanto quanto sobre suas consequências sociais. Os atores envolvidos fazem isso através de um processo de constante negociação, assumem compromissos, estabelecem argumentos e geram conflitos durante a implantação de seus planos (Jolivet; Heiskanen, 2010).

O ensino superior, de acordo com Fenwick e Edwards (2014), é fundamentalmente constituído por conhecimentos práticos, que muitas vezes são apresentados como verdade absoluta. Dessa forma, o conhecimento estabelecido e o ceticismo são colocados em posições antagônicas. Entretanto, como afirmam esses autores, a constituição desse antagonismo, sua circulação e seu poder em direcionar e avaliar as atividades pedagógicas são mais frágeis do que parecem. Logo, a prática pedagógica deve fornecer elementos para que os estudantes de engenharia possam analisar projetos tecnológicos, debater sobre seus aspectos técnicos e sociais, características essenciais para uma formação crítica e reflexiva.

Em relação às controvérsias, Johnson e Johnson (1985: 254) afirmam que as situações de conflito são percebidas de forma negativa, de maneira geral, tanto nas escolas quanto na sociedade. Entretanto, situações envolvendo conflitos estruturados, como as controvérsias sociotécnicas, podem trazer diversos efeitos positivos no ambiente educacional (Johnson e Johnson, 1985: 254). O **Quadro 1** apresenta uma comparação entre as características da aprendizagem centrada em controvérsia, em debate ou individualista.

Quadro 1. Comparação entre as características da aprendizagem

Controvérsia	Debate	Individualista
As conclusões são obtidas da classificação e organização das informações e experiências.		
Ser desafiado por pontos de vista opostos.		Presença de um único ponto de vista.
Incerteza sobre a validade de seu próprio ponto de vista.		Fixação em seu próprio ponto de vista.
Alta atividade de pesquisa por mais informações.	Moderada atividade de pesquisa por novas informações.	Satisfação com as informações presentes.
Ouvir e compreender posições opostas e racionais.		Desconhecimento de posições opostas e racionais.
Forte vínculo entre os estudantes envolvidos.	Moderado vínculo entre os estudantes envolvidos.	Neutralidade em relação a outros estudantes.
Forte vínculo entre a área de estudo e a situação instrucional.		Neutralidade entre a área de estudo e a situação instrucional.
Elevada autoestima.	Moderada autoestima.	Neutralidade em relação a si mesmo.
Forte percepção sobre o apoio acadêmico dos pares.	Moderada percepção sobre o apoio acadêmico dos pares.	Neutralidade acadêmica entre os pares.
Forte predisposição para mudança de posição.	Rigidez pela própria posição.	Fixação pela própria posição.
Incorporação de informações e raciocínio dos oponentes.	Rejeição das informações e raciocínio dos oponentes.	Fixação pelas próprias informações e raciocínio.
Vínculo com argumentos acadêmicos.		Falta de vínculo com os argumentos acadêmicos.
Verbalizações dirigidas entre os pares.		Verbalização dirigida ao professor.

245

Fonte: Adaptado de Johnson e Johnson (1985: 240)

Johnson e Johnson (1985) diferenciam controvérsia e debate pelo fato de que para a controvérsia as ideias, informações, conclusões ou opiniões entre duas pessoas são incompatíveis, dessa forma, buscam um acordo entre si. No debate, também há discordância entre os argumentos, entretanto, há um vencedor, ou seja, aquele que apresenta os melhores argumentos.

O trabalho desenvolvido por Johnson e Johnson (1985) abrangeu estudantes da educação básica. Assim, para a educação superior, é possível considerar um nível de autonomia maior ao estudante, permitindo que eles escolham os temas controversos de acordo com seus interesses, a partir de pesquisa orientada para a elaboração de argumentos e a identificação dos atores que participam da controvérsia, visando estruturar o debate para estabelecer o consenso, se possível, sobre determinado tema.

As controvérsias ajudam a revelar os eventos que estão inicialmente isolados e são de difícil identificação, pois diferenciam os grupos envolvidos. Segundo Callon, Lascoumes e Barthe (2009), as controvérsias auxiliam na descrição minuciosa de

uma situação, tornando-a inteligível, e as relações sociais se revelam durante o desenvolvimento do processo. A controvérsia traz à tona, por exemplo, que as mobilizações provocadas pela introdução de grandes projetos não são explicadas simplesmente pelos possíveis riscos, mas também por suas relações com a localização, sua história e os grupos dominantes (Callon, Lascoumes e Barthe, 2009).

De acordo com Chinchilla e Muniesa (2004), a utilização de controvérsias no ensino de engenharia não é tanto para estimular a cultura intelectual que ajude o estudante a compreender o contexto de desenvolvimento científico e tecnológico, mas proporcionar competências próprias de desempenho do trabalho do engenheiro. Para eles, a controvérsia não é algo necessariamente polêmico, mas envolve um debate acerca do conhecimento técnico e científico, ainda não estabilizado.

Schlierf (2010) desenvolveu dois trabalhos na Escola de Minas de Paris, um voltado a estudantes de mestrado profissional, no qual eles deveriam estabelecer uma pesquisa em torno de uma questão controversa e conduzir entrevistas com os atores envolvidos. O outro trabalho estava relacionado com a construção de páginas na Web, sobre questões controversas e envolvia estudantes de graduação.

A ideia, segundo Schlierf (2010), era entender as diferentes dimensões da disputa. No estudo, os participantes tiveram o cuidado para não tomar posição na fase de exploração, podendo, apenas ao final, estabelecer uma avaliação na sequência das conclusões. As análises das partes interessadas, por vezes, mostravam uma inclusão explícita de atores não humanos.

246

Para Schlierf (2010), as situações de controvérsias tecnocientíficas oferecem condições privilegiadas para se descobrir a produção dos conhecimentos científicos e as realidades tecnológicas. Elas constituem elemento básico do campo CTS por desmontar posições positivistas e deterministas do desenvolvimento científico e tecnológico.

Barbosa e Lima (2009) afirmam que a abordagem de temas controversos tem ocupado lugar de interesse tanto nas publicações científicas internacionais quanto brasileiras. Pesquisa por eles desenvolvida, na área de ciências biológicas, identificou que a maioria da produção brasileira está baseada em trabalhos empíricos, tanto no ensino básico quanto no ensino superior, com abordagem qualitativa.

Para Silva e Carvalho (2007:7), a utilização de temas controversos permite romper com algumas concepções arraigadas no ambiente educacional, principalmente na área de engenharia, como a de verdade absoluta, neutralidade da ciência e da tecnologia e o determinismo em relação ao desenvolvimento tecnológico.

Outra linha de estudos do campo CTS, denominada SCOT, também contribuiu para a elaboração do material instrucional proposto nesta pesquisa. Oudshoorn e Pinch (2007) afirmam que a abordagem da construção social da tecnologia considera que os usuários de um artefato tecnológico desempenham um papel importante na construção da tecnologia, uma vez que diferentes grupos sociais podem dar diferentes significados a tecnologia. Esta ideia é conhecida como flexibilidade interpretativa.

Conforme Bijker, Hughes e Pinch (1997: 40), não há flexibilidade somente na forma como as pessoas pensam ou interpretam os artefatos, mas também na forma como os artefatos são projetados. Os autores afirmam que isto pode ser demonstrado entrevistando-se técnicos envolvidos em uma controvérsia tecnológica contemporânea.

Segundo Bucchi (2004), a construção social da tecnologia articula-se em três fases consecutivas:

- a) A demonstração da flexibilidade interpretativa de dispositivos tecnológicos, ou seja, o mesmo artefato pode ser concebido de diversos modos e formas, uma vez que não há uma única solução;
- b) A análise dos mecanismos através dos quais a flexibilidade interpretativa é encerrada e o artefato assume uma forma estável;
- c) A conexão desses mecanismos de fechamento com os meios sociopolíticos mais amplos.

O objetivo geral desta abordagem é ir além da reconstrução da inovação tecnológica por retrospectiva, de modo que cada artefato resulta de uma sequência necessária de tentativas que produz o modelo mais eficiente, onde o que essencialmente importa são as propriedades técnicas dos artefatos. Para Bucchi (2004), um artefato também resulta da negociação entre grupos sociais. O artefato deve resolver os problemas que tais grupos consideram importantes, sendo que suas características não são estabelecidas pelo fabricante, mas estão sujeitas a flexibilidade interpretativa dos atores envolvidos.

247

A força do SCOT, segundo Oudshoorn e Pinch (2007), é que seu estudo se concentra nas práticas dos usuários e nos fóruns que emergem. Ele explora como as fronteiras entre a concepção e a utilização, entre a produção e o consumo, são permeáveis, sendo que as diversas tecnologias estudadas incluem não apenas produtos e serviços, mas também sistemas tecnológicos de grande escala, que podem ter um impacto negativo, considerando os riscos para a sociedade. Segundo os autores, a unidade de análise do SCOT é o grupo social, dando menos atenção aos usuários individuais e considerando as relações de poder.

Assim como nas controvérsias científicas, uma das muitas interpretações disponíveis prevalece. A análise dos dispositivos tecnológicos deve aplicar o mesmo princípio de simetria desenvolvido pela sociologia do conhecimento científico para o estudo das controvérsias, adotando uma perspectiva imparcial sobre a eficácia ou ineficácia de um artefato. Nesse sentido, as falhas que surgem no processo de desenvolvimento tecnológico são tão importantes sociologicamente como os sucessos (Bucchi, 2004).

O amadurecimento do campo de estudos CTS, em vários países, aponta para uma diversificação de propostas para análise, avançando além das duas correntes originais, a norte americana e a europeia, por considerar, no estudo do

desenvolvimento científico e tecnológico e suas implicações, o contexto e a cultura locais bem como as várias instituições, governamentais ou não governamentais, que participam do processo. Como afirma Vessuri (2015) de forma enfática,

“Hoje existem importantes comunidades de pesquisa em mais países do que a velha turma bem conhecida. Em todos os lugares as pessoas estão repensando criticamente as relações entre saber e poder, contribuindo para mudar a arquitetura da ciência mundial e a influência científica. (...) Cientistas sociais mais maduros e ubíquos começam a fazer perguntas mais frequentes e sistemáticas sobre as categorias sociais e as tradições estabelecidas, que até o passado recente foram tomadas como fundamentais ou outras que foram ignoradas ou relegadas sob o peso das formas canônicas do conhecimento científico social criado no Ocidente. (...) No processo, o Ocidente está finalmente vindo a tomar o seu lugar no mundo como mais uma variedade cultural especial e não como o porta-estandarte” (Vessuri, 2015: 305).

A globalização e as tecnologias de informação e comunicação deram um novo significado ao termo local ou regional, pois é possível encontrar especialistas, instituições, agências, grupos e movimentos instalados em determinada região, mas que não mantêm vínculos locais, pois possuem caráter internacionais (Beck, 1999: 215).

248

Beck (2011) afirma que à medida que as nações se isolam para resolver problemas impostos pela modernidade os riscos e as incertezas aumentam, pois as barreiras entre as nações também aumentam. Essa nova maneira de analisar a realidade leva a permeabilidade das fronteiras entre as nações, não no sentido de invasão de territórios, mas em termos de compartilhamento de soluções negociadas, como forma de evitar os efeitos das possíveis catástrofes que a humanidade está sujeita. Assim, a globalização traz novas formas de articulação e dependência entre pessoas e nações, e somente incluindo as vozes dos países periféricos, os mais ameaçados, é que as respostas aos problemas de risco são efetivas.

2. Fóruns de Negociações Simulados: uma estratégia didática interdisciplinar

Romper com a metodologia de ensino tradicional exige esforço e criatividade. No ensino tradicional, não há compromisso entre o conteúdo abordado e a realidade, sendo que o estudante tem um papel passivo no processo de ensino e aprendizagem. A proposta analisada neste artigo foi elaborada tomando como referência debates envolvendo temas controversos e tecnologia, visando à participação ativa de estudantes de engenharia no seu processo de aprendizagem. A proposta foi denominada Fórum de Negociação Simulado e desenvolvida em horário extracurricular.

Este artigo apresenta os resultados parciais de uma pesquisa que foi delineada na forma de estudo de caso, com análise qualitativa de dados, para responder o seguinte problema: como os Fóruns de Negociações Simulados contribuem para os pensamentos crítico e reflexivo no ensino de engenharia, segundo a percepção do estudante? Para responder esta questão, foi elaborado um conjunto de atividades didáticas e alguns instrumentos de coleta de dados como forma de obter a percepção dos estudantes envolvidos e mapear a implantação de tal estratégia.

A escolha do estudo de caso representa uma estratégia adequada quando se busca responder questões do tipo “como” e “por que”, em que o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da realidade, buscando a essência do que se está procurando responder, uma vez que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidas, tendo em vista uma situação tecnicamente única (Yin, 2001).

A pesquisa foi realizada em uma turma de engenharia de uma instituição privada do interior do Estado de São Paulo, Brasil. De um total de 41 estudantes, 25 participaram da primeira etapa da pesquisa. Os Fóruns de Negociações Simulados foram filmados e transcritos para análise, com base em autores do campo de estudos CTS. Essa primeira etapa foi desenvolvida no primeiro semestre de 2014, em horário extra aula, considerando que o pesquisador também atuou como professor de Física da turma. Posteriormente, uma segunda etapa foi realizada, com um questionário que procurou obter a percepção dos estudantes, no segundo semestre de 2015. Entretanto, nesta etapa final, 20 estudantes participaram da pesquisa, pois dois abandonaram os respectivos cursos de engenharia e três deles não devolveram os questionários respondidos ao pesquisador.

249

No período de engajamento, na primeira etapa do trabalho, houve a apresentação das Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de engenharia (Brasil, 2002); a discussão sobre a influência da tecnologia em algumas profissões, baseada no texto de Schreiber (2014) e a pesquisa de inovação tecnológica realizada pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) (Brasil, 2011); a discussão sobre o papel do engenheiro no século XXI, baseada no texto de Bazzo, Linsingen e Pereira (2003); a apresentação de algumas questões para reflexão sobre o conceito de tecnologia, adaptadas de Veraszto (2009).

Além disso, dois trechos do filme 2001 – Uma odisseia no espaço (Kubrick, 1968) foram mostrados. O trecho inicial do filme apresenta a utilização de um osso pelo homem primitivo como ferramenta e arma, visando superar seus concorrentes na busca por alimentos e água, e o trecho final apresenta a evolução da tecnologia na criação da inteligência artificial e a conquista do espaço. As atividades desta etapa de engajamento foram realizadas em dois encontros de aproximadamente duas horas cada um.

Após o período de engajamento, foram apresentados slides sobre a construção social da tecnologia, mostrando o modelo da bicicleta de roda alta, a *Penny Farthing*, do final do século XIX, com base no estudo de Bijker, Hughes e Pinch (1997). Nessa

apresentação, discutiu-se a influência de alguns grupos de atores, por exemplo, mulheres, idosos e crianças, na busca por um modelo seguro de bicicleta, cujo risco de cair fazia parte da diversão. Nessa etapa, foi dada ênfase ao significado das controvérsias científicas e tecnológicas.

Para ilustrar o conceito de controvérsia dois vídeos foram utilizados: controvérsia científica, DNA – A construção social da descoberta, com produção coordenada por Rigolin (2012); e outro sobre controvérsia tecnológica, produzido pela Globo News (2010), sobre alimentos transgênicos. Uma apresentação foi elaborada com o objetivo de dar destaque à diferença entre controvérsia e conflito. Uma controvérsia é uma disputa pública persistente que faz parte do processo de desenvolvimento científico e tecnológico (Frota Pessoa Jr., *apud* Assad, 2013), envolve aspectos racionais e emocionais, pressões institucionais, influências políticas, rivalidades e até fraude. Um conflito está relacionado com uma disputa restrita a um pequeno número de pessoas. Gordillo (2005) apresenta algumas ideias de controvérsias sociotécnicas, que foram complementadas nesta pesquisa, para servirem de referência aos estudantes. Esta etapa levou cerca de duas horas.

Os 25 estudantes engajados na primeira etapa do trabalho se dividiram em sete equipes multidisciplinares, considerando que três cursos de engenharia estavam envolvidos, mecânica, produção e química. Cada equipe escolheu espontaneamente um tema, considerado controverso, para debater no Fórum de Negociação Simulado. Os estudantes representaram atores ou grupos sociais, que eles próprios identificaram, envolvidos na controvérsia. Esta etapa levou cerca de seis horas, considerando desde a formação das equipes, definição dos temas e debate.

250

O **Quadro 2** mostra os temas escolhidos pelas equipes para o Fórum de Negociação Simulado, e os atores representados pelos estudantes no debate, também por eles definidos. Nota-se que há mais atores do que estudantes, assim, em alguns casos, foi necessário que um estudante representasse mais de um ator. Dessa forma, ele precisou obter informações a respeito do tema sob mais de um ponto de vista.

A interação entre os representantes de cada setor da sociedade, cujos pontos de vista foram defendidos pelos estudantes, presumivelmente, desempenha papel relevante na formação profissional dos mesmos, pois Giddens (2008) tem uma posição contrária à concepção de que os indivíduos assumem papéis sociais pelo simples fato de fazerem parte de uma cultura. Para ele, os indivíduos concebem e assumem papéis sociais no decorrer do processo de interação social. Assim, criar oportunidades para simular tais interações sociais no ambiente escolar é fundamental para a formação de profissionais, particularmente na área de engenharia.

Pesquisa desenvolvida por Veraszto *et al.* (2011) concluiu que estudantes de graduação do Estado de São Paulo, Brasil, consideram que os atores que melhor representam a sociedade nos processos de tomada de decisão tecnológica são: governo, instituições educacionais e de pesquisa e cidadãos de maneira geral. Assim, os estudantes se sentem aptos a participarem ativamente do processo de tomada de decisão, bem como esperam uma posição do governo. Entretanto, não acreditam que

as empresas privadas procurem tomar decisões adotando como referência o bem-estar social, mas são pautadas pelo lucro e a hegemonia no mundo dos negócios (Veraszto *et al.*, 2011).

Os fóruns ocorreram de acordo com cronograma estabelecido em conjunto com as equipes. Foi utilizada uma sala de aula convencional, na qual a mesa do professor serviu de bancada para as discussões. O tema e os atores foram devidamente identificados por meio de placas, para que não surgissem dúvidas no momento das transcrições dos vídeos.

Quadro 2. Temas e atores envolvidos nos Fóruns de Negociações Simulados

	Proposta	Atores
1	Maior usina solar do mundo (Deserto de Mojave nos EUA)	Empresas
		Biólogos e Ativistas
		Governo
		Meios de comunicação
2	O impacto da internet em uma instituição de ensino superior (IES)	Professor (contra)
		Professor (a favor)
		Estudante (contra)
		Estudante (a favor)
		Reitor
		Servidor de internet
3	Avanços tecnológicos e privacidade	Governo
		População
		Fabricantes
4	Copa do mundo no Brasil e suas tecnologias	População
		FIFA
		Meios de comunicação
		Governo
		Empresas privadas
		Patrocinadores
5	Usina de Belo Monte	Governo
		Acionistas
		Empresários
		Índios
		População ribeirinha
		ONGs
		Biólogos e Ambientalistas
6	Influência da Tecnologia de Informação e Comunicação na sociedade	Governo
		Instituição de ensino
		Sociedade Civil
		Em defesa da privacidade
7	Tecnologia das máquinas agrícolas e seu impacto na sociedade	Governo
		Fazendeiros
		Trabalhadores rurais
		Fabricantes

3. Resultados e discussão

Os dados do primeiro questionário, aplicado no primeiro semestre de 2014, sobre a questão se o estudante considera possível estabelecer consenso na implantação de determinada tecnologia, por meio de fóruns de negociações, indicaram que 60% daqueles que participaram da pesquisa se mostraram a favor, 24% contra e 16% afirmaram que depende de cada caso.

O **Quadro 3**, a seguir, apresenta as categorias de respostas obtidas a partir das justificativas dos estudantes, do questionário 1, para a questão: *Você acredita que é possível, para os diversos setores da sociedade, estabelecer um consenso sobre a implantação de determinada tecnologia por meio de fóruns de negociações, ou seja, utilizá-los para resolver pontos controversos que surgem no desenvolvimento e implantação de um projeto? Por quê?*

Quadro 3. Categorias de respostas do questionário 1

Opinião	Categorias
Favorável 60% dos estudantes	Adequados para a identificação de erros no projeto tecnológico, evitando problemas futuros (precaução).
	Estabelecimento de um canal de diálogo com a população, em busca de melhoria das condições de vida.
	Identificação de aspectos positivos e negativos em um projeto, em relação aos grupos interessados.
	Melhor maneira para tomada de decisões em relação à implantação de um projeto.
	Ampliação dos grupos interessados em certa tecnologia.
Condicional 16% dos estudantes	Depende da organização e bom senso dos grupos interessados.
	Depende do comprometimento dos grupos interessados com a melhoria das condições de vida da população.
	Depende da finalidade da tecnologia em relação aos grupos interessados.
Desfavorável 24% dos estudantes	Devido à oposição das empresas e/ou do governo.
	Devido à manipulação da população por certo setor (dominante) da sociedade.
	Os fóruns atrasam a implantação de uma tecnologia.

Fonte: elaborado pelos autores

Uma vez reconhecida a importância dos fóruns de negociações para uma sociedade democrática, foi solicitada uma análise, aos estudantes participantes dos debates, sobre sua implantação como estratégia didática no ensino de engenharia, visando estabelecer suas percepções. Para isso, um segundo questionário foi elaborado e aplicado no segundo semestre de 2015, cerca de 15 meses depois do término da primeira etapa.

Três questões desse segundo questionário são analisadas neste artigo, são elas:

- 1) A sua experiência no Fórum de Negociação Simulado tem alguma semelhança com outra atividade acadêmica desenvolvida em alguma disciplina do seu curso?
- 2) Você acredita que as atividades do projeto foram úteis para a sua formação em engenharia?
- 3) Você gostaria de participar de outra atividade semelhante envolvendo debate sobre uma situação controversa?

O **Quadro 4**, a seguir, apresenta os resultados obtidos das respostas à primeira questão do segundo questionário. Nota-se, a partir da análise do **Quadro 4**, que alguns estudantes identificam certas disciplinas, principalmente o Projeto Integrado, como proporcionando uma experiência semelhante, em termos de uma análise crítica a respeito do desenvolvimento de um projeto ou produto. Entretanto, a maioria identificou que dificilmente as disciplinas do currículo tradicional fornecem experiências que estão relacionadas ao debate de temas controversos e a oportunidade de ouvir os diversos atores interessados em um projeto sociotécnico.

A disciplina denominada Projeto Integrado foi inserida no currículo desses cursos de engenharia, na referida instituição, com o objetivo de contribuir para a formação desses profissionais, como forma de desenvolver habilidades de identificação, formulação e resolução de problemas, por meio da elaboração e desenvolvimento de maquetes e projetos, que possam promover a integração dos conteúdos das disciplinas, para que consigam, dessa maneira, conceber o conhecimento como um todo sistêmico, no âmbito da interdisciplinaridade. Sendo assim, o Fórum de Negociação Simulado vem somar à essa disciplina valores como o trabalho em equipe e a interdisciplinaridade, além de criar um ambiente de livre debate, estímulo à pesquisa e melhoria da argumentação, visando maior segurança nas tomadas de decisões que envolvem temas sociotécnicos, a partir do estímulo ao raciocínio crítico e reflexivo acerca de questões tecnológicas, aspectos importantes ao profissional no mundo moderno.

Quadro 4. Resultados obtidos para a questão 1 do questionário 2

Questão 1 - A sua experiência no fórum de negociação simulado tem alguma semelhança com outra atividade acadêmica desenvolvida em alguma disciplina do seu curso?	
Sim: N = 9 (45%)	Não: N = 11 (55%)
Principais argumentos	
Há uma disciplina no curso cujo objetivo é desenvolver um projeto e, em certo momento, é necessário apresentá-lo e responder as questões levantadas pelo professor responsável. N = 1 (5%)	No Fórum de Negociação eu tive a oportunidade de ver o lado teórico e prático das situações. Nas demais atividades acadêmicas nem sempre é assim. N = 1 (5%)
Na disciplina de empreendedorismo discute-se a viabilidade de vários negócios. N = 1 (5%)	Não há nenhuma matéria na grade curricular que nos dá espaço para discutir assuntos muitas vezes polêmicos, além de escutar a visão de todos os envolvidos. N = 1 (5%)
A experiência no fórum, mesmo que o assunto tratado não tenha muita relação com meu curso, existem disciplinas integradas como logística, que ensinam como pensar e agir de modo eficaz numa produção ou melhoramento, para que o produto final tenha qualidade e seja barato. N = 1 (5%)	Nenhuma atividade até hoje exigiu que “incorporássemos” personagens para a tomada de decisão. N = 1 (5%)
Na disciplina Projeto Integrado, primeiro define-se um tema e depois uma pesquisa levantando todos os aspectos a favor ou contra a execução deste, em relação a sociedade, economia e meio ambiente. N = 1 (5%)	Não houve justificativas para as demais respostas. N = 8 (40%)
Em outras disciplinas em que você tem que argumentar sobre algo que defende, como projeto integrado e TCC. N = 1 (5%)	
Em alguns debates em sala de aula fizemos algo parecido. N = 1 (5%)	
É bem semelhante ao Projeto Integrado, pois nele tentamos desenvolver novas tecnologias. N = 2 (10%)	
É bem parecido com o Projeto Integrado, pois apresentamos o tema e somos questionados, mas não tão profundamente e especificamente como no Fórum de Negociação Simulado. É algo mais tangencial. N = 1 (5%)	

Fonte: elaborado pelos autores

O **Quadro 5** apresenta os resultados obtidos das respostas à questão 2 do questionário 2. Todos os estudantes afirmaram que as atividades desenvolvidas no Fórum de Negociação Simulado foram úteis para a sua formação na área de engenharia. A partir da análise dos argumentos dos estudantes pode-se notar que dois aspectos se destacam: o desenvolvimento da criticidade, considerando os aspectos positivos e negativos de um projeto, visando a tomada de decisão embasada em pesquisa e a criação de um ambiente propício ao debate democrático de ideias, com o confronto dos diversos pontos de vista, representados pelos atores. Tais características são desejáveis ao profissional da engenharia no mundo atual, além de aproximar o ambiente acadêmico da realidade do trabalho na área.

O reconhecimento dessas características por parte dos estudantes fortalece a hipótese deste trabalho, ou seja, a de que os Fóruns de Negociações Simulados favorecem o desenvolvimento dos pensamentos crítico e reflexivo no ensino de engenharia, podendo caracterizar uma boa estratégia didática com a finalidade de estimular a participação ativa dos estudantes.

Há indícios de que a gravação em vídeo, utilizada para registrar o debate organizado no Fórum de Negociação Simulado e fornecer elementos para análise, seja um fator importante para motivar os estudantes a aprofundarem a pesquisa sobre os temas controversos, dando maior seriedade ao projeto. Durante o debate, alguns estudantes levaram anotações para não se esquecerem de argumentos importantes ou de algum detalhe do projeto a ser discutido, além da vestimenta utilizada um pouco mais formal. Nada disso foi sugerido pelo pesquisador, mas surgiu espontaneamente em função da gravação. Dessa forma, o vídeo pode ser um elemento pedagógico importante para o Fórum de Negociação Simulado, e não apenas como recurso de pesquisa. Entretanto, mais pesquisas precisam ser desenvolvidas para investigar este indício.

Quadro 5. Resultados obtidos para a questão 2 do questionário 2

Questão 2 – Você acredita que as atividades do projeto foram úteis para a sua formação em engenharia?	
Sim: N = 20 (100%)	
Argumentos	Aspecto mais importante
As atividades do projeto fizeram com que eu pudesse encarar as situações favoráveis e adversas e extrair algo positivo de cada uma.	Conseguir encontrar e solucionar problemas muitas vezes implícitos.
Um engenheiro tem que estar ciente dos riscos e com o projeto tivemos a chance de colocar em prática nossos argumentos como engenheiro.	Conscientização.
O projeto me ajudou a ter uma visão crítica em relação a um problema polêmico que afeta grande parte do país.	Visão crítica.
Através do que foi discutido pude ouvir os diferentes pontos de vista e assim expandir meus conhecimentos sobre o tema abordado.	Discussão entre as partes envolvidas.
O tema escolhido tratou de engenharia, construção e melhorias para o país. Todo engenheiro, querendo ou não, tem o intuito de melhorar o local onde reside.	(Não definiu).
Trouxe um olhar crítico a respeito do tema proposto pelo Fórum de Negociação.	(Não definiu).
Prepara-nos para futuros debates e decisões no ambiente de trabalho.	Ouvir e avaliar com sabedoria opiniões diferentes das nossas.
Ajuda a nos posicionar diante das situações e ter nossa própria opinião. Ou mesmo mudar de opinião, após ouvir vários pontos de vista.	(Não definiu).
Apreendi que para uma tecnologia ser adquirida pela maior parte da população necessita apresentar qualidade e ser feita com peças baratas.	Pensar nos benefícios que um projeto irá trazer, não só para um determinado grupo, mas para toda população.
O debate sobre tecnologia é próximo a nós que somos futuros engenheiros, além disso, nos fez pesquisar sobre um assunto e desenvolver um senso crítico para debate-lo.	Aquisição de conhecimento.
Estarmos aptos a debater sobre qualquer tema.	Formulação de opiniões.
Uma decisão tomada, correta ou não, interfere na estrutura de outros setores, por isso, tem-se que analisar todos os lados propostos. Assim,	Pesquisa e debate de forma saudável com outras pessoas.

256

Fonte: elaborado pelos autores

Argumentos	Aspecto mais importante
como a formação de engenheiros no futuro será trabalhar em tomadas de decisão, houve uma visão geral de como agir antes de toma-las.	
Como engenheiros é de extrema importância a habilidade em lidar com conflitos e tomar decisões.	Ponderar as opiniões para ser justo.
Pesquisas em grupo e debates de opiniões opostas são essenciais para a formação acadêmica, ainda mais se tratando de tecnologia.	Desempenhar um papel com opinião oposta à minha opinião.
(Não justificou).	Melhora na argumentação.
Ajudou a acreditar em algo que estou fazendo, apesar das críticas.	Acreditar em meus projetos.
Com o projeto minha visão sobre privacidade mudou um pouco.	Inovar, aperfeiçoar e conscientizar.
Foi importante, pois faz com que se pense em todas as etapas, prós e contras e opiniões sobre um projeto, que deve ser pensado muito mais, antes de ser feito.	Todos os projetos devem ser limpos ou sustentáveis.
Aprender a analisar um tema, colocar na balança os prós e os contras para a tomada de decisão.	Organizar os dados e criar argumentos para a exposição de ideias ou opiniões.
No curso de engenharia vários assuntos englobam a visão que podemos adicionar.	Ampla visão do impacto que a falta de privacidade pode causar.

Fonte: elaborado pelos autores

O **Quadro 6**, a seguir, apresenta os resultados obtidos das respostas à questão 3 do questionário 2. A maioria dos estudantes (95%) se mostrou favorável a esse tipo de estratégia didática. Apenas um estudante, o que corresponde a 5%, se mostrou contrário à participação em atividades semelhantes, pois assumiu uma postura inflexível acerca de suas opiniões já definidas. Ele argumentou da seguinte maneira: “Eu já tenho uma ideia formada em relação a tecnologia”. Essa afirmação indica a falta de disposição ao debate sobre a concepção de tecnologia e como ela é construída socialmente.

Quadro 6. Resultados obtidos para a questão 3 do questionário 2

Questão 3 – Você gostaria de participar de outra atividade semelhante envolvendo debate sobre uma situação controversa?	
Sim: N = 19 (95%)	Não: N = 1 (5%)
Argumentos a favor	
<p>O participante ganha experiência em relação ao tema debatido, se sinta inserido no mesmo e provoca discussões sadias sobre temas variados.</p> <hr/> <p>Debater opiniões é sempre um prazer, pois é nesse momento que podemos crescer, concretizando nossos valores para saber se ainda seguiremos determinadas opiniões.</p> <hr/> <p>Acho interessante debater sobre assuntos controversos, pois temos a possibilidade de mostrar nossa opinião e ouvir opiniões diferentes que nos ajudarão a chegar a uma conclusão concreta.</p> <hr/> <p>Essas atividades ajudam-nos a compreender como funcionam esses debates além de estar inseridos em assuntos polêmicos.</p> <hr/> <p>Porque são através dessas situações que conhecemos as opiniões de diversas pessoas e também conseguimos os melhores resultados, devido o fato de ouvir diversas opiniões.</p> <hr/> <p>Traz um desdobramento de assuntos polêmicos para a sociedade viver em harmonia.</p> <hr/> <p>Se for assunto do meu interesse, devo procurar o melhor para mim.</p> <hr/> <p>Isso ajuda a olharmos todas as opiniões, defender a nossa ou até mudar de ideia.</p> <hr/> <p>Com isso adquirir conhecimentos sobre diversas áreas e assuntos, não só os que meu curso engloba e criei agilidade de como me portar quando me apresentarem argumentos contrários aos meus e problemas para eu resolver imediatamente.</p> <hr/> <p>Toda experiência desse tipo acrescenta-nos como pessoa.</p> <hr/> <p>Para aprimorar nossos conhecimentos e praticar habilidades em opinar.</p> <hr/> <p>Assim, posso analisar o outro lado da tecnologia e tirar minhas conclusões.</p> <hr/> <p>É importante considerar a opinião de vários pontos de vista para ampliarmos a nossa visão crítica sobre algum assunto.</p> <hr/> <p>Debates acrescentam muito a formação pessoal e acadêmica.</p> <hr/> <p>A experiência vale a pena, a visão que temos sobre o assunto fica indescritível.</p> <hr/> <p>Gostei muito das experiências nos debates que tive.</p> <hr/> <p>É sempre bom debater sobre certas situações, para que você entenda a opinião dos outros e, também, expressar a sua, para que todos cheguem a um consenso.</p> <hr/> <p>Sempre é bom ficar atualizado dos fatos e debater temas, pois melhor preparado academicamente você estará.</p> <hr/> <p>(Um estudante não apresentou justificativa, apesar de concordar).</p>	

258

Fonte: elaborado pelos autores

O **Quadro 7**, a seguir, apresenta as sugestões dos estudantes para as disciplinas tradicionais do curso de engenharia. Uma solicitação que também fez parte do questionário 2.

A maioria dos estudantes (80%) apresentou sugestões às disciplinas tradicionais dos cursos de engenharia, baseado em sua participação nos debates dos fóruns de negociações simulados. Apenas quatro estudantes (20%) não apresentaram sugestões. De acordo com as sugestões dos estudantes, nota-se o reconhecimento em agregar as disciplinas específicas com os aspectos sociais, além de envolver debate sobre assuntos sociotécnicos controversos. Essa estratégia didática, que culminou nos Fóruns de Negociações Simulados, foi considerada positiva pelos estudantes, como forma de desenvolver a elaboração de melhores argumentos e a expressão oral dos mesmos em um debate. Também foi considerada positiva a experiência em ouvir opiniões divergentes das suas, estimulando o senso crítico e o debate democrático de ideias.

Quadro 7. Sugestões dos estudantes a partir da experiência no Fórum de Negociação Simulado

Sugestões
Agregar com aspectos sociais as disciplinas oferecidas. Somar a elas exemplos claros de onde e como poderão ser utilizadas futuramente, pois o fórum foi conduzido desta maneira e ocorreu totalmente com êxito.
Deveria existir uma aula ou um breve momento para discutir assuntos como forma de expandir os conhecimentos.
Eu gostaria que tivesse mais vezes esse tipo de atividade envolvendo debate com temas que envolva controvérsia, assim estimula a pesquisa, melhora o modo de falar e as opiniões acabam se unificando.
Discussão do método de avaliação: deveria avaliar os estudantes diariamente com apresentações e trabalhos expositivos das disciplinas. Uma simples prova com poucas questões em um único dia não é suficiente para aprovar um estudante como conhecedor ou até com domínio daquele assunto, olhando sobre uma perspectiva profissional. Esse sistema tradicional de avaliação não é a melhor maneira de avaliar se está apto ou não. Deve ter um sistema de avaliação com que faça o estudante estudar diariamente.
Tentar ouvir mais a opinião dos estudantes em determinadas atividades.
Acredito que atividades como esta devem estar mais presentes em nossa rotina para estimular nosso senso crítico. Os estudantes de exatas perdem muito esse lado crítico de debater questões e ficam muito atados às contas. Sugiro que tenhamos mais atividades assim em nossa grade curricular.
Discussão de artigos e trabalhos sobre assuntos abordados nas disciplinas tradicionais.
Deveria haver mais exposições dos trabalhos realizados pelos estudantes nas disciplinas tradicionais.
Explorar mais o lado comunicativo e expressivo ao defender uma ideia e conseqüentemente tomar uma decisão.
Um debate sobre o uso dos laboratórios didáticos para realização de projetos acompanhados ou não de um professor.

As disciplinas poderiam incorporar mais apresentações e debates, onde cada grupo expõe uma opinião sobre a matéria e outros grupos opinam. Isso ajudaria no conhecimento e na melhora da fala em público.

Sim, em relação à tecnologia, como celular na sala de aula.

Implementar tablets em sala de aula e a matéria toda feita em mídia, pois ficaria fácil realizar pesquisas e tirar dúvidas com o tablete na aula.

Creio que não, tudo que vimos no projeto, é passado algo parecido nas disciplinas do curso.

Acho que poderíamos desenvolver mais projetos, mais interação e debate sobre temas das determinadas disciplinas. Mas projetos com seriedade e professores determinados e empenhados na realização de tal.

A matéria mais próxima sobre o assunto foi sociologia, que não engloba tanto o que foi discutido.

Fonte: elaborado pelos autores

Considerações finais

Diante da realidade atual, o conhecimento é o principal produto. Assim, cabe às instituições de ensino oferecerem uma educação que vá além da técnica, da especialidade de cada área, mas que seja cercada de aspectos humanísticos visando preparar os estudantes para a reflexão, a criticidade e a inovação, em busca de melhores condições de vida para a sociedade como um todo. Uma reflexão que ilumine as incertezas imbricadas no processo de construção da ciência e da tecnologia. Dessa forma, o diálogo deve ser aceito e facilitado entre as partes por meio de procedimentos e argumentos que precisam fazer parte tanto das relações sociais quanto dos processos educacionais.

Os resultados desta pesquisa indicam que o desenvolvimento do raciocínio crítico e reflexivo no ensino de engenharia depende da participação ativa do estudante, em contato com situações reais que são propiciadas pelas estratégias didáticas, nas quais ele possa se tornar protagonista do seu processo de aprendizagem.

Durante o desenvolvimento das atividades, algumas limitações foram encontradas. Como as atividades foram realizadas em horário extra aula, foi encontrada dificuldade em desenvolvê-las para estudantes do período noturno, considerando que o horário desses estudantes é sobrecarregado com disciplinas, além do fato de que a maioria possui um emprego durante o dia e, alguns deles, ainda viajam de cidades da região até chegarem na instituição de ensino. É comum às instituições particulares oferecerem cursos no período noturno, pois a demanda é maior.

Além disso, as atividades da pesquisa concorriam com as demais atividades acadêmicas dos estudantes, limitando o tempo para pesquisa e, conseqüentemente, maior aprofundamento no estudo dos temas escolhidos. A falta de experiência em atividades nas quais os estudantes participam de forma ativa, também contribuiu para

que eles não tratassem o tema escolhido com maior profundidade. Acredita-se que, oferecendo outras oportunidades para que eles sejam protagonistas no processo de aprendizagem, possa melhorar o nível de raciocínio crítico e reflexivo sobre os temas que estão presentes no dia-a-dia das pessoas e são permeados por controvérsias sociotécnicas.

As situações controversas podem abrir espaço ao ceticismo, ao espírito crítico e reflexivo, aspectos extremamente importantes ao profissional da engenharia. Esses aspectos muitas vezes são reconhecidos, constando em diversos documentos burocráticos, entretanto, eles perturbam a rotina acadêmica estabelecida, uma vez que tem levado ao desencorajamento da participação ativa do estudante, com estímulo à aprendizagem mecânica e a memorização.

A visão instrumental e determinista da tecnologia encobre os atores envolvidos no processo social de tomada de decisão, bem como suas conexões. Desta forma, aproximar o campo de estudos CTS da educação superior, em especial do ensino de engenharia, pode ser um meio de articular os aspectos inerentes à formação tecnológica com os contextos sociais e culturais, fornecendo elementos para a análise das transformações que ocorrem na sociedade em nível global, mas que geram impactos significativos nas dinâmicas locais (Mendéz *et al.*, 2010).

É importante destacar que os Fóruns de Negociações Simulados devem complementar as aulas teóricas e de laboratório, aproximando o estudante de questões reais, mais complexas do que os modelos estudados, cuja estrutura disciplinar não é suficiente para propor soluções. Além disso, pode apresentar, de uma forma inovadora, situações interdisciplinares, colocando o estudante a frente de sua trajetória educacional, assumindo responsabilidades.

261

Nesse sentido, ceticismo, criatividade e reflexividade em relação à ciência e à tecnologia dependem das perspectivas com que são enfocadas e se manifestam, diante de uma diversidade de cenários culturais e não somente de suas características universais. Dessa forma, é possível mobilizar os potenciais endógenos, cujas soluções tecnológicas precisam considerar as especificidades locais, apesar do contexto global do mundo moderno (Vessuri, 2002).

Referências bibliográficas

BARBOSA, L. G. D. e LIMA, M. E. C. C. (2009): “A abordagem de temas controversos no ensino de ciências: enfoques das pesquisas brasileiras nos últimos anos”, VII Encontro Nacional de Pesquisas em Ensino de Ciências. *Anais...* Florianópolis: ABRAPEC.

BAZZO, W. A. (2010): *Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica*, Florianópolis, Ed. UFSC.

BAZZO, W. A., LINSINGEN, I. e PEREIRA, L. T. V. (2003): “Introdução aos estudos CTS”, *Cadernos Ibero-América*, OEI. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/kenia/materiais/Livro_CTS_OEI.pdf>. Acesso em 20/12/2013.

BECK, U. (1999): *O que é globalização? Equívocos do globalismo: respostas à globalização*, São Paulo, Paz e Terra, p. 282.

BECK, U. (2011): *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade*, São Paulo, Editora 34, p. 384.

BENAKOUCHE, T. (2012): “Contribuições da teoria sociológica para o desenvolvimento dos estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade”, em M. T. M. Kerbauy, T. H. N. Andrade e C. R. M. Hayashi (orgs.): *Ciência, Tecnologia e Sociedade no Brasil, Campinas-SP, Editora Alínea*, pp. 13-26.

262

BIJKER, W. E., HUGHES, T. P. e PINCH, T. (1997): *The Social Construction of Technological Systems, New Directions in the Sociology and History of Technology*, Londres, MIT press.

BRASIL CNE/CES 11 (2002): *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*, Brasília, Ministério da Educação. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>. Acesso em 08/02/2014.

BRASIL IBGE (2013): *Pesquisa de Inovação*, Pintec. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.pintec.ibge.gov.br/downloads/pintec2011%20publicacao%20completa.pdf>. Acesso em: 20/04/2014.

BRASIL (2013): *Microdados Censo da Educação Superior*, Ministério da Educação - INEP. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/basica-levantamentos-acessar>. Acesso em: 17/07/2015.

BUCCHI, M. (2004): “Tearing bicycles and missiles apart: the sociology of technology”, *Science in society: an introduction to social studies of science*, Londres, Routledge, pp. 82–88.

CALLON, M., LASCOUMES, P. e BARTHE, Y. (2009): “Hybrid Forums”, *Acting in an uncertain world: an essay on technical democracy*, MIT Press, pp. 14-36.

CASANOVA, P. G. (2006): *As novas ciências e as humanidades: da academia à política*, São Paulo, Boitempo.

CHINCHILLA, I. e MUNIESA, F. (2004): *La controversia como herramienta proyectua*, Madrid. Disponível em: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n32/aichi01.html>. Acesso em 07/11/2014.

FENWICK, T. e EDWARDS, R. (2012): *Researching education through actor-network theory*, John Wiley & Sons Ltd, pp. 9-21.

FENWICK, T. e EDWARDS, R. (2014): *Networks of knowledge, matters of learning, and criticality in higher education*. *Higher Education*, n° 67, pp. 35–50.

FROTA PESSOA JR, O. (2013): “Entrevista”, em L. Assad: “Controvérsias, debates, disputas e farsas: a ciência não é feita por deuses”, *ComCiência: revista eletrônica de jornalismo científico*, SBPC. Disponível em: <http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=92&id=1136>. Acesso em 07/11/2013.

GIDDENS, A. (1991): *As consequências da modernidade*, São Paulo, Unesp.

GIDDENS, A. (2008): *Sociologia*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian.

GLOBO NEWS (2010): “Alimentos transgênicos criam polêmica sobre efeitos à saúde. Parte 1”, *Cidades e Soluções*, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DREx7do3TRA>. Acesso em: 10/02/2014.

263

GORDILLO, M. M. (2005): “Cultura científica y participación ciudadana: materiales para la educación CTS”, *Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, vol. 2, n° 6. Disponível em: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-00132005000300007&script=sci_arttext&tIng=pt. Acesso em: 07/11/2013.

HAYASHI, M. C. P. I., HAYASHI, C. R. M. e FURNIVAL, A. C. M. (2008): “Ciência, Tecnologia e Sociedade: apontamentos preliminares sobre a constituição do campo no Brasil”, em C. M. Souza e M. C. P. I. Hayashi: *Ciência, Tecnologia e Sociedade: Enfoques teóricos e aplicados*, São Carlos, Pedro e João Editores, pp. 29–88.

JOHNSON, D. W. e JOHNSON, R. (1985): “Classroom conflict: controversy versus debate in learning groups”, *American Educational Research Journal*, vol. 22, n° 2, pp. 237-256.

JOLIVET, E. e HEISKANEN, E. (2010): “Blowing against the wind: an exploratory application of actor network theory to the analysis of local controversies and participation processes in wind energy”, *Energy Policy*, n° 38, pp. 6746–6754.

KUBRICK, S. (1968): *2001 – Uma odisseia no espaço*. [Trechos do filme]. Dirigido e produzido por Stanley Kubrick, Estados Unidos. Disponíveis em: <https://www.youtube.com/watch?v=gOmBcTNZyZI> e <https://www.youtube.com/watch?v=AFAYNlrYgwg>. Acesso em 10/02/2014.

MÉNDEZ, H. V. *et al.* (2010): “Posibilidades del enfoque CTS como eje articulador de la educación superior tecnológica y el entorno social en contextos locales”, *Revista CS*, n° 6, pp. 129–155. Disponível em: http://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/revista_cs/article/view/464. Acesso em: 20/01/2016.

NELKIN, D. (1995): “Science controversies: the dynamics of public disputes in the United States”, em S. Jasanoff, G. Markle, J. Petersen, T. Pinch (eds.): *Handbook of science and technology studies*, Thousand Oaks, Sage Publications, pp. 444-457.

OUDSHOORN, N. e PINCH, T. (2007): “User-technology relationships: some recent developments”, em E. Hackett, M. Amsterdamska, M. Lynch e J. Wajcman (eds.): *The handbook of science and technology studies*, Cambridge, MIT Press, pp. 541-566.

OLIVEIRA, V.F. *et al.* (2013): “Um estudo sobre a expansão da formação em engenharia no Brasil”, *Revista de Ensino de Engenharia*, vol. 32, n° 3.

RIGOLIN, C. C. D. (2012): *DNA – A construção social da descoberta*, Universidade Federal de São Carlos, PROEX. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=zaSzjTkaM18>. Acesso em: 10/02/2014.

SCHLIERF, K. (2010): “La enseñanza Ciencia, Tecnología Y Sociedad (CTS) en el entorno universitario politécnico: la metodología de la descripción de controversias en la escuela de Minas de París”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 5, n° 15, pp. 73-93. Disponível em: <http://www.revistacts.net/files/volumen%205%20n%20n%c3%bamero%2015/schlierf%281%29.pdf>. Acesso em: 27/04/2015.

SCHREIBER, M. (2014): “Conheça as profissões “mais ameaçadas” pela tecnologia”, BBC Brasil. Disponível em: http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2014/01/140130_profissoes_estudo_oxford_ppa_ms.shtml. Acesso em: 10/02/2014.

SCHWARTZMAN, S. (2014): “A educação superior e os desafios do século XXI: uma introdução”, *A educação superior na América Latina e os desafios do século XXI*, Campinas, Unicamp, pp. 15-46.

SILVA, L. F. e CARVALHO, L. M. (2007): “A temática ambiental e o processo educativo: o ensino de Física a partir de temas controversos”, *Ciência & Ensino*. vol. 1, n° especial. Disponível em: <http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/viewFile/152/105>. Acesso em: 27/08/2015.

SISMONDO, S. (2010): *An introduction to science and technology studies*, Ed. John Wiley & Sons.

VERASZTO, E. V. (2009): *Tecnologia e sociedade: relações de causalidade entre concepções e atitudes de graduandos do Estado de São Paulo*, tese doutorado, PPGE, Faculdade de Educação, Universidade de Campinas, p. 289.

VERASZTO, E. V. *et al.* (2011): “Influência da sociedade no desenvolvimento tecnológico: um estudo das concepções de graduandos brasileiros do Estado de São Paulo”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 6, n° 17, pp. 179-211. Disponível em: <http://www.scielo.org.ar/pdf/cts/v6n17/v6n17a09.pdf>. Acesso em: 05/10/2015.

VESSURI, H. M. C. (2002): “De la transferencia a la creatividad. Los papeles culturales de la ciencia en los países subdesarrollados”, *Revista de la Universidad Bolivariana*, vol. 1, n° 3. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30510308>. Acesso em: 03/07/2015.

VESSURI, H. M. C. (2015): “Global social science discourse: a Southern perspective on the world”, *Current Sociology Monograph*. vol. 63, n° 2, pp. 297–313.

YIN, R. K. (2001): *Estudo de caso: planejamento e métodos*, Porto Alegre, Bookman.

**Redes Sociais Formadas pela *Revista CTS*:
uma Análise dos Doze Primeiros Anos de Publicações**

**Redes sociales formadas por la *Revista CTS*:
un análisis de sus primeros doce años de publicación**

***Social Networks Developed By Revista CTS:
An Analysis Of Its First Twelve Years Of Publication***

**Thiago Brañas de Melo, Fernanda Pontes, Bruno Böck,
Carlos Toledo e Alvaro Chrispino ***

Este trabalho, de natureza quantitativa e descritiva, tem como objetivo traçar um perfil da *Revista Ibero-americana de Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS*, listando os autores, países e palavras-chaves mais relevantes dos doze primeiros anos de publicações. Para isso, usamos como aporte metodológico a análise de redes sociais, traçando as relações presentes nos trinta números publicados entre 2003 e 2015, por vezes, subdividindo em dois grupos temporais de quinze números. Os resultados mostram que houve uma mudança do perfil autoral e das palavras-chave nos textos da revista com o passar dos anos. Além disso, este trabalho revela os grupos de pesquisadores que estão trabalhando em rede e quais as temáticas mais relevantes nas pesquisas publicadas.

Palavras-chave: *Revista CTS*, Ibero-américa, análise de redes sociais, ciência-tecnologia-sociedade

* *Thiago Brañas de Melo, Fernanda Pontes, Bruno Böck e Carlos Toledo*: discentes do Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (PPCTE-CEFET/RJ), Brasil. *Alvaro Chrispino*: docente do PPCTE-CEFET/RJ, Brasil. E-mails: thiago.branas@ifrj.edu.br, febiologia@gmail.com, brunostefoni@gmail.com, carlos.toledo@ymail.com e alvaro.chrispino@gmail.com.

Este trabajo, de naturaleza cuantitativa y descriptiva, tiene como objetivo trazar un perfil de la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, reuniendo a los autores, países y palabras clave más relevantes de sus primeros doce años de publicación. Para ello, utilizamos como aporte metodológico el análisis de redes sociales, delineando las relaciones presentes en los 30 números publicados entre 2003 y 2015, por momentos subdividiéndolos en dos grupos temporales de 15 números. Los resultados muestran que, con el correr de los años, se produjo un cambio en el perfil autoral y en las palabras clave de los textos de la revista. Por otro lado, el presente trabajo revela los grupos de investigadores que están trabajando en red y cuáles son las temáticas más relevantes en las investigaciones publicadas.

Palabras clave: *Revista CTS*, Iberoamérica, análisis de redes sociales, ciencia-tecnología-sociedad

This work, quantitative and descriptive in nature, aims at drafting a profile of Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS (Ibero-American Journal of Science, Technology and Society – STS) by bringing together the most prominent authors, countries and key words of its first 12 years of publication. For that purpose, we used as single methodological contribution the analysis of social networks, outlining the current relations throughout the 30 issues published between 2003 and 2015, at times by subdividing them into two temporal groups of 15 issues each. Results show that there has been a change in the profile of publishing authors and the key words of texts in the journal throughout the years. On the other hand, this paper reveals the groups of researchers that are networking, as well as which are the most relevant published research teams.

Key words: *Revista CTS*, Ibero-America, social network analysis, STS

Introdução

O trabalho científico possui um caráter transversal de modo que diferentes atores sociais participam de diferentes formas do ato de se fazer ciência. Além dos cientistas que lidam de maneira mais direta com objetos científicos, há uma ampla gama de outros personagens que atuam e influenciam na construção do saber científico, como equipe administrativa, gestores, desenvolvedores de tecnologias, políticos e uma gama de grupos que representam a sociedade conforme os interesses que possuam.

Susan Leigh Star e James Griesemer destacam a heterogeneidade dos atores sociais e pontos de vista na execução do trabalho científico e a tensão que isso acarreta:

“[...] A ciência requer cooperação para criar entendimentos comuns, garantir a confiança nos diversos domínios e reunir informações que retenham a sua integridade através de contingências temporais, espaciais e locais. Isso cria uma tensão central na ciência entre diferentes pontos de vista e a necessidade de generalizar descobertas” (Star e Griesemer, 1989: 387).

Os autores atribuem como fator para o sucesso da ciência, a criação de boundaries objects ou “objetos fronteirços” em uma tradução livre do conceito para a língua portuguesa. Esses objetos possuem diferentes significados em diferentes mundos sociais, sendo moldáveis o suficiente para se adaptarem as necessidades locais e ao mesmo tempo robustos para manterem uma identidade comum entre os diferentes grupos sociais. Os autores citam como exemplo as coleções do Museu de História Natural da Califórnia em que, apesar dos divergentes interesses dos grupos sociais, há o entendimento comum de preservação da natureza do local.

269

Em complementariedade a Star e Griesemer, Knorr-Cetina (1999) se dedica a uma reflexão sobre a produção dos conhecimentos científicos destacando que o “maquinário epistemológico” revela uma fragmentação na ciência contemporânea com diferentes arquiteturas de abordagens empíricas, ontologias particulares de instrumentos, construções específicas de referências e diferentes máquinas sociais, o que revela uma diversidade de culturas epistemológicas que causa uma desunificação da ciência e denota a multiplicidade de diferentes culturas na produção do conhecimento.

Utilizando as explicações de Star e Griesemer e Knorr-Cetina, podemos analisar a ótica dos periódicos científicos. Em relação a sua sociologia interna há o editor do periódico, referees, empresas de publicação e candidatos a publicação que possuem seus objetivos e necessidades particulares, mas que comungam as regras para submissão de publicações específicas da revista.

No que tange a diversidade das publicações, dependendo do periódico, há autores de diferentes áreas do conhecimento, os quais pertencem a determinados grupos de pesquisa formados pelas mais diversas instituições. No caso dos periódicos

internacionais, são acrescentadas as diferenças culturais, considerando-se que os autores pertencem a diferentes países que influenciam a maneira como as publicações são escritas.

A pesquisa em CTS possui um nível de pluralidade muito grande, considerando-se que as divergências e diferenças são superiores aos consensos e conceitos comuns. A área foi definida por Aikenhead (2005) como “uma boa ideia como queira que se chame”. No trabalho o autor destaca que pode não haver um acordo para um significado preciso de CTS e que um projeto particular de CTS desenvolvido em um determinado país pode definir o que seja CTS para os educadores desse grupo ou mesmo para esse país.

No âmbito da pesquisa em CTS na Ibero-américa, a *Revista CTS* publicou seu primeiro número em 2003. Ela possui como escopo a discussão das relações CTS em uma perspectiva interdisciplinar e plural através de um olhar ibero-americano cujo propósito é promover debates sobre a interação da ciência e da tecnologia com o entorno social, cultural e político. Além disso, a revista tem todos os números já publicados disponíveis em acesso aberto pelo seu site (<http://www.revistacts.net/>).

As características da revista elencadas acima denotam uma grande pluralidade na publicação. A própria Ibero-américa possui uma profunda diferença entre seus países, como aqueles cuja língua oficial é o português, Portugal e Brasil, e outros cujo idioma é o espanhol, como a Espanha, Argentina e Uruguai. Há países de dimensões continentais como o Brasil e outros pequenos como os da América Central. Além disso, há uma perspectiva Latino-americana e outra da Península Ibérica que em conjunto formam a Ibero-américa. Além das diferenças locais, podemos acrescentar as diferentes áreas do conhecimento que se aglutinam na produção de publicações sobre CTS e os diversos grupos de pesquisa e instituições que publicam no periódico.

Considerando tais especificidades, o objetivo do presente trabalho é proporcionar um mapeamento da *Revista CTS* com o intuito de investigar como se manifestam as pesquisas na revista. Propomos para isso ponderar algumas de suas características como países e grupos de pesquisa que participaram das publicações, além das palavras-chave de maior relevância em nosso método de análise. Assim, o presente trabalho visa evidenciar quais são os autores e as palavras-chave que possuem uma maior relevância, pelas métricas da análise de redes sociais, no conjunto de publicações da *Revista CTS*, e verificar como são construídas as publicações ao revelar quais são os termos mais relevantes para o conjunto de artigos da revista publicados entre os anos de 2003 e 2015. Com isso, identificaremos se houve uma diferenciação nas autorias e palavras-chave nos quinze primeiros e nos quinze últimos números desse período com o intuito de verificar a mudança em uma perspectiva temporal.

1. Referencial teórico para as análises

O mapeamento de um conjunto de obras acadêmicas se torna cada vez mais importante devido ao volume de informações disponíveis pela popularização das

mídias. Um maior conhecimento de uma área se torna relevante para muitos grupos: para pesquisadores iniciantes terem um panorama geral de um campo iniciado; para pesquisadores experientes compreenderem a complexidade de sua área, entendendo os pontos não explorados ou linhagens teóricas distintas; e para gestores de informações e políticas de ciência e tecnologia são fundamentais nas tomadas de decisões.

Os estudos de natureza bibliométrica tem se espalhado desde o início do século XX e Hulme é o primeiro a utilizar o termo “bibliografia estatística” em 1923 (Araújo, 2006: 12). Dessa forma, a bibliometria “engloba o estudo dos aspectos quantitativos da produção, disseminação e uso da informação registrada, desenvolvendo modelos e medidas matemáticas, com a função para elaborar previsões e apoiar tomadas de decisões” (Maricato e Noronha, 2013: 61).

Entretanto, entende-se que esses indicadores quantitativos possuem objetos que envolvem relacionamentos sociais, preferências intelectuais, imperativos institucionais e estruturas culturais-cognitivas que interferem nos resultados. Merton (1988 e 1968) exemplifica essa construção social e não natural da ciência com o Efeito Mateus na sociologia do conhecimento, quando pesquisadores que tem mais prestígios são mais visíveis e recebem mais recursos, enquanto outros recebem menos e são menos vistos (Martin, 2003).

Para Guarido Filho, “somente quando cientistas publicam abertamente seus trabalhos [...] é que, paradoxalmente, podem adquirir propriedade intelectual sobre eles por meio do reconhecimento, atestado por outros cientistas que legitimam a validade do conteúdo produzido” (Guarido Filho, 2013: 87).

271

Um dos caminho possíveis para compreensão do alcance de uma publicação científica é a análise de redes sociais. A noção de redes sociais é proveniente das ciências sociais e se atribui seu pioneirismo ao antropólogo britânico e australiano Jonh Arundel Barnes que a utilizava para investigação dos relacionamentos sociais em uma determinada comunidade: “quando estudamos a organização social de uma sociedade simples, visamos compreender sistematicamente todas as maneiras em que os membros da sociedade interagem uns com os outros” (Barnes, 1954: 39).

Na matemática, a área de análise de redes sociais é proveniente da Teoria dos Grafos. O grupo CTS e Educação, do CEFET/RJ, vem se dedicando ao mapeamento da área de CTS em Ensino no Brasil por meio da análise de redes sociais. O trabalho pioneiro foi o de Chrispino, Lima, Albuquerque, Freitas e Silva (2013) que, por meio da análise de redes sociais, analisou quais eram as publicações mais citadas em 88 artigos sobre CTS em 22 periódicos da área de ensino, tendo concluído que os autores brasileiros são os que possuem uma maior participação, havendo pouca participação de fontes pioneiras de CTS, como da sociologia, filosofia e história da ciência e da tecnologia.

Dessa maneira, o reconhecimento de uma pesquisa se faz, também, a partir de citações e referências. Essas citações são parte de uma rede de interações entre autores e suas comunicações (Leydesdorff, 1998). Assim, o estudo dessas citações

possui uma dinâmica de uma rede de pessoas que retrata um panorama de uma comunidade científica. “O simbolismo na comunicação científica por meio da prática de citações e referências registra publicamente a propriedade intelectual da fonte, e procede acumulando reconhecimento às considerações emitidas por essa” (Guarido Filho, 2013: 87).

Assim, a análise dessas redes de citações podem identificar algumas particularidades. Compreende-se que a maioria dos artigos produzidos é citado muito poucas vezes. Portanto, analisar essas citações podem não responder a muitos pontos. Entretanto, analisar um autor altamente citado em uma rede de referências, como é feito em análises de citações, pode apresentar resultados distintos, destacando padrões de escolhas individuais que geram um nível alto de agregação (Van Raan, 1997). Assim, “no que tange a aspectos cognitivos, a citação proporciona informação a respeito da linhagem do conhecimento (sobre o conhecimento anterior) e orienta os interessados com relação às fontes, para que possam ser verificadas e utilizadas” (Guarido Filho, 2013: 88).

Dessa maneira, a compreensão do panorama de relações de referências, assim como o de temas, pode contribuir para uma visão geral de certo recorte da atividade científica. Dentro da sociologia interna do conhecimento, o entendimento dessas relações fornece um maior aprofundamento nas estruturas internas da área, assim como, a modelagem dos limitantes das pesquisas.

272

Além da análise de citações, o nosso grupo tem se dedicado a análise das palavras-chave das publicações, desenvolvendo uma metodologia denominada pelo grupo de orbital de palavras-chave, que visa descobrir quais são as palavras-chave que possuem uma maior relevância em um conjunto de publicações, indicando as áreas e subáreas do conhecimentos que mais interagem com a área CTS.

Partindo desse procedimental, o trabalho de Toledo, Albuquerque, Chrispino e Böck (2016) ao analisar as teses de doutorado sobre CTS da área de educação e de ensino do Brasil revelou que as palavras-chave mais relevantes no conjunto de teses foi: ensino, educação, formação de professores, ciência e tecnologia e (Paulo) Freire. Em contrapartida o trabalho de Böck, Albuquerque e Chrispino (2016), ao analisar as publicações sobre tecnologia do periódico *Social Studies of Science* verificou que as palavras-chave mais relevantes dos artigos foram: etnografia, mudança tecnológica, “objetos fronteirços”, redes e representação. Os trabalhos possibilitaram uma maior compreensão de uma área tão plural quanto CTS e os estudos da tecnologia evidenciando quais são os termos que possuem uma maior evidência e relevância nessas áreas, permitindo perceber convergências e distanciamentos.

2. Metodologia

Este trabalho tem como objetivo mapear a produção dos doze primeiros anos da *Revista Ibero-americana de Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS*. Isto é, desde seu lançamento até o último ano concluído de publicações. Para este fim, optamos por uma pesquisa quantitativa sobre os trinta números publicados entre os anos de 2003

e 2015. Esta pesquisa se caracteriza por uma descrição das publicações da revista e, para Gil (2002), as pesquisas descritivas buscam identificar as características de determinado grupo ou fenômeno, podendo estabelecer relações entre as variáveis pesquisadas. Elas trazem em seu cerne a padronização das técnicas de coleta de dados.

O primeiro número da *Revista CTS* data de setembro de 2003. Em seu editorial, a revista foi apresentada pela seguinte introdução:

“Tenemos la enorme satisfacción de presentar a la comunidad de investigadores de nuestros países este número inicial de la Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS, editada por la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), el Instituto Universitario de Estudios de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad de Salamanca y el Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior (REDES) de Argentina. La revista materializa una trayectoria de coincidencias entre las instituciones editoras, que comparten la preocupación por analizar críticamente el papel y la responsabilidad de la ciencia y la tecnología insertas en las sociedades de los países iberoamericanos” (Albornoz, López Cerezo e Quintanilla, 2003: 7).

Analizamos os textos desse número até o número 30, volume 10, de Setembro de 2015, totalizando 373 arquivos, conforme a distribuição de frequência contida na **Tabela 1**.¹ Por isso, além de descritivo, este trabalho tem uma natureza de pesquisa bibliográfica, já que é desenvolvida com base em material já elaborado e publicado, como textos científicos (Gil, 2002).

273

Tabela 1. Distribuição de frequência dos textos da *Revista CTS* por ano

Ano	Quantidade de textos
2003	14
2004	24
2005	35
2006	11
2007	27
2008	25
2009	23
2010	35
2011	40
2012	25
2013	42
2014	36
2015	36
Total	373

Fonte: Tabela elaborada pelos autores baseada no site da *Revista CTS*

1. Estamos utilizando a denominação "texto" pois há, na *Revista CTS*, várias formato possíveis de textos: artigos, resenhas, editoriais, etc.

Adotamos, como concepção metodológica, o olhar sobre os elementos presentes nas publicações como partes de uma rede, em que autores, países e palavras-chave atuam como nós conectados por meio dos textos da revista. Isso nos permite uma compreensão da estrutura social formada pelos grupos de interesses. Por isso, muitas vezes, esse aporte procedimental é chamado de análise de redes sociais (Marteleto, 2001).

Nas próximas seções, mapearemos dois pontos que consideramos elucidativos para a construção da identidade da *Revista CTS*: as origens dos textos pelas suas autorias e localizações geográficas; e as temáticas tratadas pela revista por meio das palavras-chave elencadas pelos autores.

3. Perfil autoral dos textos

Este trabalho não tem como objetivo realizar uma discussão no campo da linguagem ou da filosofia sobre a questão de autoria. Mas, antes de traçar o perfil autoral que nos revela as origens que formam o conjunto de publicações da *Revista CTS*, valemos de uma reflexão feita por Foucault a respeito da função autor:

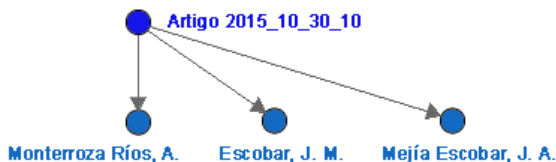
“Eu os resumirei assim: a função autor está ligada ao sistema jurídico e institucional que contém, determina, articula o universo dos discursos; ela não se exerce uniformemente e da mesma maneira sobre todos os discursos, em todas as épocas e em todas as formas de civilização; ela não é definida pela atribuição espontânea de um discurso a seu produtor, mas por uma série de operações específicas e complexas; ela não remete pura e simplesmente a um indivíduo real, ela pode dar lugar simultaneamente a vários egos, a várias posições-sujeito que classes diferentes de indivíduos podem vir a ocupar” (Foucault, 2006: 279-280).

274

Entender a autoria como parte de uma representação do lugar ocupado pelo declarante autor é sempre um exercício de compreensão da realidade estudada. No nosso caso, queremos identificar, nesta seção, as representações que se fazem pelas autorias declaradas nos textos da *Revista CTS*, já que a consideramos como uma importante influência dentro do campo CTS ibero-americano.

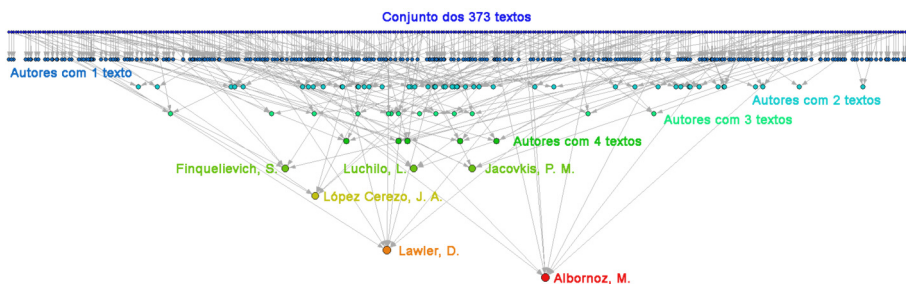
O primeiro levantamento foi feito pela conexão dos textos com os nomes de seus autores, a fim de saber quais autores publicaram mais na revista. O procedimento iniciou com o *download* dos 373 textos no site da revista e com a construção de uma rede conectando direcionalmente os artigos ao nome de seus autores. Na **Figura 1**, podemos visualizar um exemplo dessa conexão e, na **Figura 2**, a rede formada pelos textos e seus autores. Logo em seguida às figuras, apresentamos o relatório gerado com a medida de centralidade dessa rede pelo grau de entrada, que significa quantos textos estão apontando para os nós que representam cada um dos autores. O relatório, com os onze autores que mais publicaram na revista, está na **Tabela 2**.

Figura 1. Exemplo de conexão entre texto e autores



Fonte: Figura elaborada pelos autores

Figura 2. Rede com os textos e seus autores



275

Fonte: Figura elaborada pelos autores

Tabela 2. Rank com os autores com maiores graus de entrada

Rank	Autor	Grau de Entrada
1	Albornoz, M.	9
2	Lawler, D.	8
3	López Cerezo, J. A.	7
4	Finquelievich, S.	5
5	Jacovkis, P. M.	5
6	Luchilo, L.	5
7	González García, M. I.	4
8	Hurtado, D.	4
9	Peirano, F.	4
10	Sanz Merino, M.	4
11	Schiavo, E.	4

Fonte: Tabela elaborada pelos autores, com o auxílio do *software* Pajek²

2. O *software* Pajek contém em seu sistema todos os algoritmos de análise de redes sociais que usaremos neste trabalho: o cálculo das medidas de centralidade e as projeções dos desenhos das redes.

A **Figura 1** representa como é feito o direcionamento do texto publicado com seus autores – no exemplo, o “Artigo2015_10_30_10” foi escrito por Monterroza Ríos, Escobar e Mejía Escobar (2015). Já, a **Figura 2** revela toda a rede quando agrupamos os 373 textos com todos os autores que publicaram na *Revista CTS* durante o tempo estudado. Enquanto que, na **Tabela 2**, temos o grau de entrada (a contagem de quantas conexões diretas que cada autor recebe dos textos).

A fim de entendermos melhor quem são as pessoas que mais contribuíram com autorias para a revista, buscamos em seus próprios artigos um breve currículo de cada um deles.

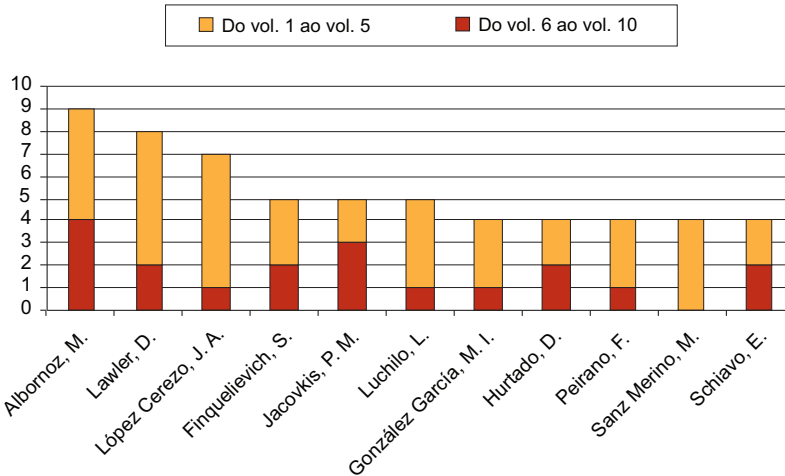
- Mario Albornoz é “investigador Principal del CONICET [Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas], Argentina (jubilado) y miembro del Centro REDES” (Albornoz, 2015: 41).
- Diego Lawler é “vinculado à Sociedad Argentina de Analisis Filosofico – CONICET” (Lawler e Vega Encabo, 2011: 167).
- José Antonio López Cerezo é “catedrático da área de lógica e filosofia da ciência na Universidade de Oviedo, Espanha” (González García e López Cerezo, 2015: 159).
- Susana Finquelievich é “investigadora principal del CONICET, directora del Programa de Investigaciones sobre la Sociedad de la Información, Instituto de Investigaciones Gino Germani, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires” (Finquelievich e Fischnaller, 2014: 11).
- Pablo Miguel Jacovkis está vinculado a duas instituições: “Universidad Nacional de Tres de Febrero y Universidad de Buenos Aires, Argentina” (Jacovkis, 2015: 51).
- Lucas Luchilo é “investigador y director del Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y educación Superior - REDES, Argentina” (Luchilo, 2010: 153)
- Marta González García “é professora contratada doutora no Departamento de Filosofia da Universidade de Oviedo e cientista titular em licença do Instituto de Filosofia do Conselho Superior de Investigações Científicas – CSIC” (González García e López Cerezo, 2015: 159).
- Diego Hurtado possui vínculo com o “Centro de Estudios de Historia de la Ciencia José Babini, Universidad Nacional de San Martín, Argentina” (Hurtado, 2012: 163)
- Fernando Peirano, em Olaya e Peirano (2007), se apresenta como “membro do Centro Redes”.
- Noemí Sanz Merino pertence ao “Departamento de Filosofía, Universidad de Oviedo, España” (Sanz Merino, 2008: 85).
- Ester Schiavo também possui vínculo com duas instituições: “Universidad Nacional de Quilmes (UNQ), REDES (Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior)” (Schiavo, Nogueira e Vera, 2013: 179).

Perceber a esfera social estudada como rede nos possibilita usar algumas técnicas próprias da análise de redes sociais. Assim, ampliamos a análise, com a divisão da nossa rede de textos-autores em duas sub-redes complementares determinadas pela questão temporal. Uma sub-rede tem as relações estabelecidas pelos quinze primeiros números publicados (184 textos do Volume 1 ao Volume 5 da revista) e a

outra sub-rede tem as relações estabelecidas pelos quinze próximos números publicados (189 textos do Volume 6 ao Volume 10 da revista). Ao compararmos os dados gerados a partir dessas duas sub-redes, organizamos um gráfico em que pode ser vista a divisão temporal das publicações dos autores presentes na **Tabela 2 (Gráfico 1, com dados da Tabela 3)**. Por esses dados, percebemos que alguns autores, como Mario Albornoz, se mantiveram presentes nas publicações dos dois períodos estudados.

Outro ponto importante na comparação das duas sub-redes formadas é a quantidade de autores presentes nos primeiros números da revista com os demais números estudados. Nos quinze primeiros números (cinco primeiros volumes), há autoria de 186 pesquisadores nos textos. Já, nos números seguintes, há uma autoria de 305 pesquisadores. Levando em conta que há uma pequena diferença na quantidade de textos estudados nos dois grupos de números/volumes da *Revista CTS* – 184 textos no primeiro e 189 no segundo grupo – consideramos que a diversidade de autores que publicam na revista vem aumentando com o passar dos anos, assim como os artigos com coautoria.

Gráfico 1. Número de textos por autoria por grupo de volumes publicados na Revista CTS



Fonte: Gráfico elaborado pelos autores

Tabela 3. Rank com os autores com maiores graus de entrada

Autor	Do vol. 1 ao vol. 5	Do vol. 6 ao vol. 10
Albornoz, M.	5	4
Lawler, D.	6	2
López Cerezo, J. A.	6	1
Finquelievich, S.	3	2
Jacovkis, P. M.	2	3
Luchilo, L.	4	1
González García, M. I.	3	1
Hurtado, D.	2	2
Peirano, F.	3	1
Sanz Merino, M.	4	0
Schiavo, E.	2	2

Fonte: Tabela elaborada pelos autores, com o auxílio do *software* Pajek

278

Outro ponto importante na comparação das duas sub-redes formadas é a quantidade de autores presentes nos primeiros números da revista com os demais números estudados. Nos quinze primeiros números (cinco primeiros volumes), há autoria de 186 pesquisadores nos textos. Já, nos números seguintes, há uma autoria de 305 pesquisadores. Levando em conta que há uma pequena diferença na quantidade de textos estudados nos dois grupos de números/volumes da *Revista CTS* – 184 textos no primeiro e 189 no segundo grupo – consideramos que a diversidade de autores que publicam na revista vem aumentando com o passar dos anos, assim como os artigos com coautoria.

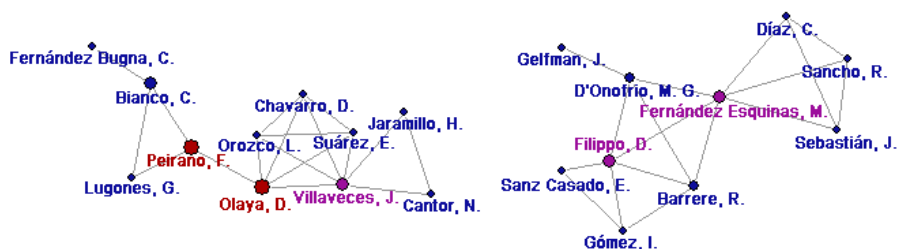
Dentro da linha de pesquisa de análise de redes sociais, uma das possibilidades de medida existente se denomina centralidade de intermediação (do inglês, *betweenness centrality*). Essa medida mensura o quão importante um nó é, pela sua capacidade de fluxo de informação, ou seja, nós com alta centralidade de intermediação têm um maior controle sobre a comunicação na rede (Leydesdorff, 2007). Usamos essa medida para analisar os autores que conectam grupos de pesquisadores diferentes através de suas coautorias. Na nossa rede, esses autores com maiores centralidades de intermediação estão listado na **Tabela 4**. E, na **Figura 3**, mostramos os demais autores que eles conectam formando pequenas redes de colaboração.

Tabela 4. Rank com os autores com maiores centralidades de intermediação

Rank	Autores
1	Olaya, D.
2	Peirano, F.
3	Fernández Esquinas, M.
4	Villaveces, J.
5	Filippo, D.

Fonte: Tabela elaborada pelos autores, com o auxílio do *software* Pajek

Figura 3. Redes de coautorias na Revista CTS



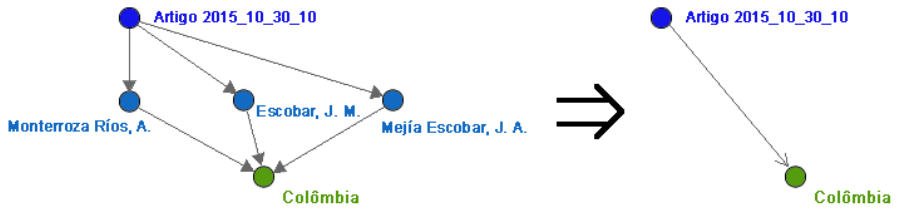
279

Fonte: Imagem elaborada pelos autores

Pela **Figura 3**, identificamos que o trabalho de Olaya e Peirano (2007) conecta um grupo de pesquisadores argentinos com um grupo de pesquisadores colombianos. E, na outra rede de coautorias, há predominância de pesquisadores vinculados ao Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), da Espanha.

Como já argumentamos, a vantagem de se trabalhar com redes está na análise estrutural da esfera social que podemos executar. Assim, ampliamos nossa rede de forma a identificar os países de origem dos textos em questão. Para isso, conectamos a cada autor da rede o país de origem que os pesquisadores declararam em seus vínculos. A estrutura dessas conexões pode ser entendida pelo exemplo do artigo de Monterroza Ríos, Escobar e Mejía Escobar (2015) da **Figura 1**, que é alterado para haver a ligação entre cada um dos textos com os países de origem dos autores, conforme a visualização da **Figura 4**.

Figura 4. Exemplo de ligação entre um texto e o(s) país(es) de origem dos autores

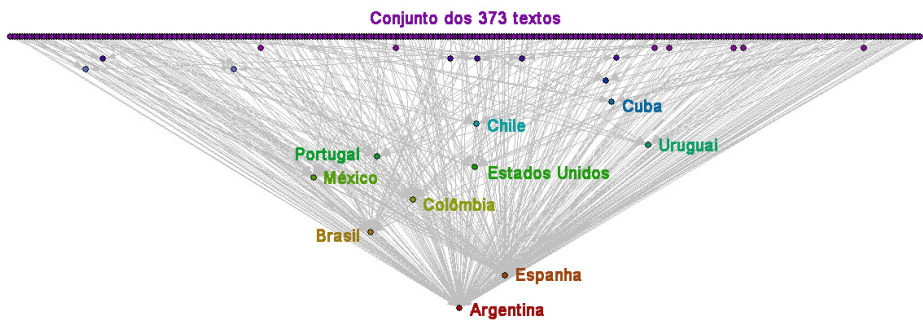


Fonte: Imagem elaborada pelos autores

A partir das conexões feitas, geramos a rede com os 373 textos e os países de origem dos autores de cada um desses textos (a rede pode ser vista na **Figura 5**). A análise dessa rede nos possibilitou listar ordenadamente os 25 países de onde partiram contribuições nas publicações da *Revista CTS*, conforme apresentamos na **Tabela 5**. Além disso, nessa mesma tabela, apresentamos o resultado da divisão temporal desses dados em duas sub-redes, da mesma forma que foi feita com os nomes dos autores – os trinta números dos dez volumes estudados foram divididos em dois grupos de quinze números de cinco volumes publicados na revista.

280

Figura 5. Rede com os textos e os países de origem de seus autores



Fonte: Imagem elaborada pelos autores

Tabela 5. Rank com os autores com maiores graus de entrada

País	Os 10 volumes	Do vol. 1 ao vol. 5	Do vol. 6 ao vol. 10
Argentina	139	57	82
Espanha	122	72	50
Brasil	35	11	24
Colômbia	15	5	10
México	13	4	9
Estados Unidos	12	11	1
Portugal	11	8	3
Uruguai	10	3	7
Chile	8	2	6
Cuba	6	2	4
França	4	4	0
Austrália	3	2	1
Reino Unido	3	1	2
Alemanha	2	2	0
Equador	2	2	0
Holanda	2	1	1
Itália	2	2	0
Noruega	2	2	0
Canadá	1	1	0
El Salvador	1	0	1
Eslovênia	1	0	1
Índia	1	1	0
Paraguai	1	0	1
Peru	1	0	1
Venezuela	1	0	1

Fonte: Tabela elaborada pelos autores, com o auxílio do *software* Pajek

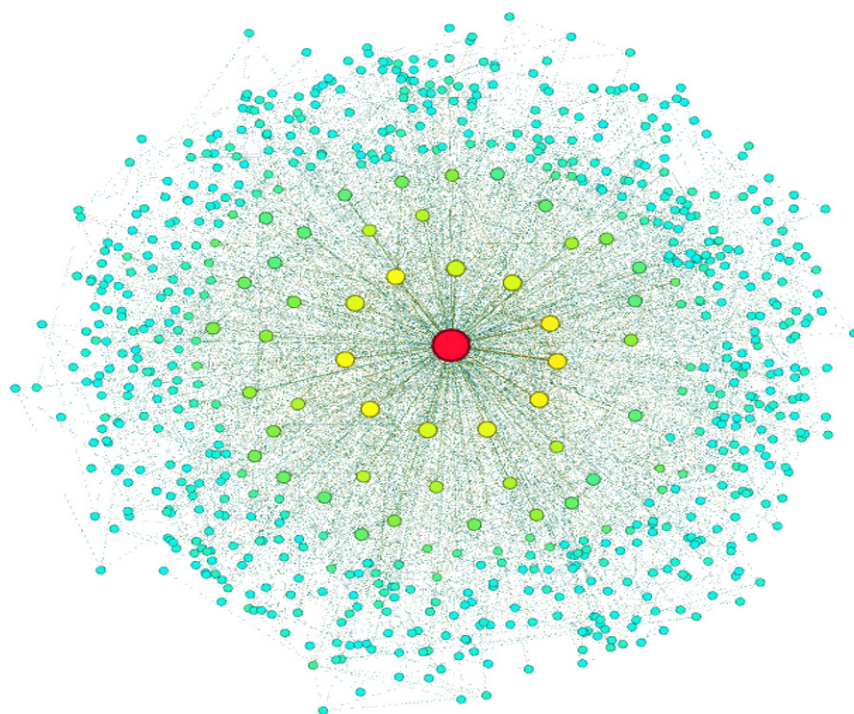
Percebemos que há uma variação quanto às origens dos autores com o passar do tempo, principalmente, com a ascensão de trabalhos latino-americanos. Há uma diminuição considerável de autores com origem fora da Ibero-américa. Além disso, Argentina e Espanha, que são países que sediam as instituições responsáveis pela *Revista CTS*, concentram juntas mais da metade dos textos publicados na revista.

4. As palavras-chave

Ao analisar as palavras-chave catalogadas das 30 últimas edições *Revista CTS*, fomos capazes de levantar os temas mais presentes na revista. Dado o alcance internacional e a especialização desta no campo CTS, imaginamos que essa representação sirva de termômetro do campo como um todo. Em nossa interpretação,

todas as palavras-chave têm ligação com a *Revista CTS*, por serem seu local de escolha para publicação. Logo, a primeira palavra a aparecer em nosso relatório é a própria revista. Em seguida, elegemos um rank com as principais palavras-chave, ordenadas através da centralidade de proximidade, ou seja, o quanto esses nós se aproximam de todos os outros nós (Okamoto, Chen e Li, 2008). Essa distância se representa no número de conexões necessárias para que um nó alcance todos os outros por diferentes caminhos, assim o nó “*Revista CTS*” possui centralidade de proximidade 1 por estar conectado diretamente com todos os outros, e as demais palavras-chave possuem proximidades variadas de acordo com suas conexões com o resto da rede.

Figura 6. Grafo gerado pelas interações das centralidades de proximidade das palavras-chave com a *Revista CTS*



282

Fonte: Imagem elaborada pelos autores

No grafo representado na **Figura 6**, a *Revista CTS* aparece no centro, em vermelho, como núcleo, uma vez que todas as palavras-chave são relacionadas à ela. Pudemos perceber através das proximidades 3 grupos de ‘orbitais’. O primeiro, em tons mais

próximos ao amarelo, são os 10 nós (palavras-chave) mais próximos do centro. Um segundo orbital, de proximidade intermediária oscila entre tons esverdeados, e um terceiro grupo, mais distante varia nas mais diferentes escalas de ciano. Estas cores foram geradas em gradação pela análise de redes, de forma que quanto mais próximo do centro mais amarelado o nó, e quanto mais distante mais ciano.

Nossa interpretação é que, além da relação com a revista, a relação mais próxima com outros temas relacionados representa uma maior apropriação do referido conceito no campo. Na **Tabela 6**, apresentamos um rank com os valores numéricos, mostrando quais temas se apresentaram, através das palavras-chave, no campo CTS. Um dado interessante a se observar é que a tríade de CTS está presente em diferentes temas. Tanto a ciência, quanto a tecnologia, como a sociedade estão contemplados pela literatura CTS em suas diferentes manifestações. Entre as temáticas principais discutidos dentro do âmbito CTS, podemos encontrar a percepção e as políticas públicas, o ensino de ciências e tecnologia, pesquisa, desenvolvimento e inovação, consciência social, participação cidadã, além de temas ligados ao meio ambiente, circulação de saberes e democratização dos meios de produção (Von Linsingen, 2008; Mansour, 2009). Muitos destes se apresentaram em nossa pesquisa, o que nos permitiu delinear que a *Revista CTS* está reunindo publicações relevantes e variadas da área ao longo de seus volumes.

Tabela 6. Rank com as palavras-chave com maiores centralidades de proximidade

Rank	Palavra-chave	Centralidade de proximidade
0	<i>Revista CTS</i>	1,0000
1	Política de ciência, tecnologia e inovação (CTI)	0,5250
2	Inovação	0,5223
3	TIC	0,5200
4	Tecnologia	0,5177
5	Cultura científica	0,5139
6	Ciência	0,5124
6	Universidade	0,5124
8	Políticas	0,5116
8	Sociedade do conhecimento	0,5116
10	CTS	0,5109
10	Participação pública e cidadã	0,5109

Fonte: Tabela elaborada pelos autores, com o auxílio do *software* Pajek

A fim de avaliar se houve alternância nos temas ao longo do período avaliado, separamos as publicações entre os 5 primeiros números e os 5 números seguintes. Os 5 primeiros números foram publicados entre 2003 e 2010 e os 5 seguintes entre 2010 e 2015. Apesar da diferença da quantidade de anos, nos volumes mais recentes

foram publicados um número maior de artigos e números especiais, de forma que a diferença no número total de publicações entre os dois recortes foi de apenas 58 palavras-chave (no recorte de 1 a 5, há 368 palavras-chave; e no recorte de 6 a 10, 426 palavras-chave). Porém, conforme pode-se observar na **Tabela 7**, houve uma mudança significativa em algumas temáticas importantes do universo CTS, que discutiremos a seguir.

A palavra-chave TIC – que se refere às tecnologias de comunicação e informação - salta da 12^a posição para a 2^a posição entre os cortes. A mudança é tão impactante que no rank geral ela aparece como terceira colocada. A utilização de TIC vem sendo muito debatida em vários âmbitos. Na *Revista CTS* pudemos observá-las sendo abordadas em campos de políticas públicas (Rodríguez Gustá, 2014; Olaya e Peirano, 2007), em transversalidade com temas de sociologia e da filosofia e também na educação – de ciências inclusive. Algumas pesquisas apontam positivities e obstáculos na utilização de TIC em sala de aula, observada tanto por professores quanto por alunos, e que incluem dinamismo e mais interesse pelas aulas (Martinho e Pombo, 2009; Moreira, Marques e Loureiro, 2005; Peralta e Costa, 2007; Miranda, 2007). Ainda, há a necessidade de uma visão mais crítica que acople significados e contextos sociais, históricos e culturais às TIC e suas possibilidades de discussão. Neste último tópico, uma moldura CTS é apontada como caminho para trazer corpo à discussão e impedir que as TIC atuem como agentes incorporadores e não exclusivos (Pérez Jiménez, 2006).

284

Um outro dado a se observar é que a sigla CTS, presente o suficiente no primeiro recorte para ser a 10^a colocada no rank geral, está ausente das principais palavras-chave do segundo recorte. Dado o fato da sigla fazer parte do nome da revista não ter sido suficiente para retirá-la dos primeiros artigos publicados, acreditamos que a apropriação do termo tenha sido tamanha na década passada que os pesquisadores não veem mais necessidade de reproduzi-la nos artigos submetidos mais recentemente. Isso é um indício da estabilização do campo como área de pesquisa e da consolidação da *Revista CTS* como referência para ele.

Tabela 7. Rank com as palavras-chave com maiores centralidades de proximidade por grupo de volumes da revista

Centralidade de proximidade					
Do vol. 1 ao vol. 5			Do vol. 6 ao vol. 10		
Rank	Palavra-chave	Valor	Rank	Palavra-chave	Valor
0	Revista CTS	1,0000	0	Revista CTS	1,0000
1	Política de CTI	0,5327	1	Inovação	0,5247
2	Cultura científica	0,5243	2	TIC	0,5228
3	Sociedade do conhecimento	0,5206	3	Tecnologia	0,5177
4	Inovação	0,5184	4	Política de CTI	0,5170
4	Participação pública e cidadã	0,5184	5	Universidade	0,5139
6	Ciência e tecnologia	0,5162	6	Nanotecnologia	0,5120
7	Avaliação de impacto social	0,5154	6	Sociedade	0,5120
7	Sociedade da informação	0,5154	8	Políticas	0,5114
9	Ciência	0,5147	9	Democratização do conhecimento	0,5096
9	Tecnologia	0,5147	9	Filosofia das ciências	0,5096
11	TIC	0,5140	9	Ibero-américa	0,5096
12	Indicadores	0,5133	9	Inclusão digital	0,5096
13	CTS	0,5126	13	América Latina e Caribe	0,5090
14	Transferência de conhecimento	0,5119	13	Argentina	0,5090
15	Controvérsia	0,5111	13	Ciência	0,5090

Fonte: Tabela elaborada pelos autores, com o auxílio do *software* Pajek

Vemos nas tabelas apresentadas que ciência e tecnologia estiveram presentes durante as publicações, porém se no primeiro ciclo possuíam exatamente a mesma centralidade, no ciclo final a ciência foi derrocada para a décima sexta posição e a tecnologia subiu para quarta. É fato que a tecnologia se faz cada vez mais presente no cotidiano da sociedade, o que também é visto no emergente interesse pelas TIC e pela inovação constatados em nossa pesquisa. Embora alguns autores prefiram o termo tecnociência, para expressar um estado atual de indissociabilidade entre ciência e tecnologia, muito trabalhos, principalmente de abordagem histórica e outras abordagens aonde é muito coerente fazê-lo, ainda tratam ciência e tecnologia separadamente. É uma perspectiva aventada aqui buscar a fundo as razões dessa tendência diferenciada nas publicações mais recentes.

Não esgotando as possibilidades de nossa análise, observamos a presença persistente da inovação no topo do nosso rank, ocupando inclusive a primeira posição nos artigos do segundo corte. Para Drucker (1998 e 2014), o termo inovação pode ser resumido em novas formas de abordar os problemas e técnicas, gerando resultados positivos e economicamente rentáveis. O termo teve seus significados ampliados, mas continua sendo utilizado sob óticas tecnológicas (Garcia e Calantone, 2002).

Torna-se também uma perspectiva de nossos dados avaliar como a área CTS e as publicações da *Revista CTS* se apropriaram do termo e o transpuseram em seus arcabouços de análise.

Conclusões

O processo de construção da ciência requer uma diversidade de atores sociais que trazem consigo seus ideais e formas de execução de trabalho (Star e Griesemer, 1989; Knorr-Cetina, 1999). Nossa pesquisa mostrou, pela análise de redes sociais, resultados quantitativos que revelam que a *Revista CTS*, em seus doze primeiros anos de publicação, apresenta essa heterogeneidade, quando tratamos da questão autoral e das temáticas de pesquisas representadas pelas palavras-chave dos textos.

Além dos países onde as instituições responsáveis pelo editorial da *Revista CTS* estão situadas (Argentina e Espanha), há autorias provenientes de mais 23 nações. No total, mais de 90% das autorias dos textos são de 14 países da Ibero-américa e as demais são oriundas de outros 11 países. Isso mostra a abrangência geográfica da revista. Em contrapartida, as redes estudadas revelam que os autores mais proeminentes na revista estão vinculados a instituições argentinas e espanholas. Vale frisar que esta pesquisa não relacionou as instituições de vínculo dos autores, pois a maneira como estas informações estão apresentadas nos artigos não nos permitiu uma sistematização. Assim, indicamos a necessidade de estudos qualitativos futuros para investigar essa ocorrência.

286

Uma característica importante no perfil autoral dos textos da *Revista CTS* que identificamos neste estudo foi o crescimento de autores latino-americanos. O número de autorias provindas da América Latina subiu quase 70% quando comparamos os quinze primeiros números publicados com os quinze seguintes. Enquanto, os demais países, na comparação dos mesmos períodos, tiveram uma redução de aproximadamente 45% na participação nas autorias dos textos.

Em relação às palavras-chave dos artigos, investigá-las trouxe-nos informações sobre o comportamento do campo. Sendo a *Revista CTS* declaradamente multidisciplinar, percebemos diversos debates sendo fomentados e abordados pelos artigos. As palavras-chave são um termômetro do comportamento das publicações e dos encaminhamentos do campo, e as variadas relevâncias por nós encontradas neste levantamento são testemunho da pluralidade já detectada no campo CTS e confirmação do atendimento da revista ao eixo de pesquisa ao qual ela serve.

Apesar de haver uma mudança na definição das palavras-chave nas publicações da revista, quando identificamos as mais relevantes no total dos doze anos, podemos ter um resumo das temáticas abordadas nos textos no campo CTS ibero-americano. Essas temáticas são: política de ciência, tecnologia e inovação; inovação; TIC; tecnologia; cultura científica; ciência; universidade; políticas; sociedade do conhecimento; e, participação pública e cidadã.

Este trabalho obteve uma análise estratégica do campo pela ótica das publicações da *Revista CTS*. As imagens que as redes sociais permitiram da revista e, consequentemente, do campo que ela representa, podem ser usadas como dados para novos projetos de pesquisa ou como base para futuras tomadas de decisão gerenciais por parte da editoria da revista, de órgãos de fomento, dos grupos de pesquisa e das instituições de ensino.

Referências bibliográficas

AIKENHEAD, G. (2005): “Educación ciencia-tecnología-sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame”, *Educación Química*, vol. 16, nº 2, pp. 304-315.

ALBORNOZ, M. (2015): “Cambio tecnológico y cultura institucional: el caso del INTA”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 10, nº 29, pp. 41-64.

ALBORNOZ, M., LÓPEZ CERREZO, J. A. e QUINTANILLA, M. A. (2003): “Editorial”, *Revista CTS*, vol. 1, nº 1, pp. 7-10.

ARAÚJO, C. A. (2006): “Bibliometria: evolução histórica e questões atuais”, *Em Questão*, vol. 12, nº 1, pp. 11-32.

BARNES, J. A. (1954): “Class and Committees in a Norwegian Island Parish”, *Human Relations*, vol. 7, nº 1, pp. 39-58.

BÖCK, B. S., ALBUQUERQUE, M. B. e CHRISPINO, A. (2016): “Estudos sociais da tecnologia: uma análise do tema na produção de publicações no Brasil e em periódicos internacionais”, *Indagatio Didactica*, vol. 8, nº 1, pp. 1384-1399.

CHRISPINO, A., LIMA, L. S., ALBUQUERQUE, M. B., FREITAS, A. C. C. e SILVA, M. A. F. B. (2013): “A Área CTS no Brasil Vista como Rede Social: Onde Aprendemos?”, *Ciência & Educação*, vol. 19, nº 2, pp. 455-479.

DRUCKER, P. (2014): *Innovation and entrepreneurship*, Harper Business.

DRUCKER, P. (1998): “The discipline of innovation”, *Harvard business review*, vol. 76, nº 6, pp.149-157.

FINQUELIEVICH, S. e FISCHNALLER, C. (2014): “Ciencia ciudadana en la Sociedad de la Información: nuevas tendencias a nivel mundial”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 9, nº 27, pp.11-31.

FOUCAULT, M. (2006): “O que é um autor?”, *A Estética: literatura e pintura, música e cinema*, Rio de Janeiro, Forense Universitária.

GARCIA, R. e CALANTONE, R. (2002): "A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review", *Journal of product innovation management*, vol. 19, n° 2, pp. 110-132.

GIL, A. C. (2002): *Como elaborar projetos de pesquisa*, São Paulo, Atlas.

GONZÁLEZ GARCÍA, M. I. e LÓPEZ CERESO, J. A. (2015): "Pájaros y ornitólogos. Una conversación sobre el pasado, el presente y el futuro de la relación ciencia-filosofía", *Revista iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 10, n° 28, pp.159-166.

GUARIDO FILHO, E.R. (2013): "Redes sociais e indicadores bibliométricos: implicações sociológicas para o estudo da ciência", em M. C. P. I Hayashi e J. Leta (orgs.): *Bibliometria e cientometria: reflexões teóricas e interfaces*, São Carlos, Pedro & João Editores.

HURTADO, D. (2012): "Cultura tecnológico-política sectorial en contexto semiperiférico: el desarrollo nuclear en la Argentina (1945-1994)", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 7, n° 21, pp. 163-192.

JACOVKIS, P. M. (2015): "La evaluación de la investigación universitaria", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 10, n° 28, pp. 51-55.

288

KNORR-CETINA, K. (1999): *Epistemic cultures: how the sciences make knowledge*, Cambridge, Harvard University Press.

LAWLER, D. e VEGA ENCABO, J. (2011): "Realizabilidad múltiple y clases de artefactos", *Revista iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 7, n° 19, pp. 167-178.

LEYDESDORFF, L. (1998): "Theories of citation?", *Scientometrics*, vol. 43, n° 1, pp. 5-25.

LEYDESDORFF, L. (2007): "'Betweenness Centrality' as an Indicator of the 'Interdisciplinarity' of Scientific Journals", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, vol. 58, n° 9, pp. 1303-1309.

LUCHILO, L. (2010): "Internacionalización de investigadores argentinos: el papel de la movilidad hacia España", *Revista iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 6, n° 16, pp.153-177.

MANSOUR, N. (2009): "Science-Technology-Society (STS): A new paradigm in science education", *Bulletin of Science, Technology & Society*, vol. 29, n° 4.

MARICATO, J. M. e NORONHA, D. P. (2013): "Indicadores bibliométricos e cientométricos em CT&I: apontamentos históricos, metodológicos e tendências de aplicação", em M. C. P. I Hayashi e J. Leta (orgs.): *Bibliometria e cientometria: reflexões teóricas e interfaces*, São Carlos, Pedro & João Editores.

MARTELETO, R. M. (2001): “Análise de redes sociais: aplicação nos estudos de transferência da informação”, *Ciência da informação*, vol. 30, nº 1, pp. 71-81.

MARTIN, O. (2003): *Sociología de las ciencias*, Buenos Aires, Nueva Visión.

MARTINHO, T. e POMBO, L. (2009): “Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais—um estudo de caso”, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 8, nº 2, pp. 527–538.

MERTON, R. K. (1968): “The Matthew Effect in Science - The reward and communication systems of science are considered”, *Science*, vol. 159, nº 3810, pp. 56-63.

MERTON, R. K. (1988): “The Matthew Effect in Science, II - Cumulative Advantage and the Symbolism of Intellectual Property”, *Isis*, vol. 79, nº 4, pp. 606-623.

MIRANDA, G. L. (2007): “Limites e possibilidades das TIC na educação”, *Sísifo - Revista de Ciências da Educação*, nº 3, pp. 41–50.

MONTERROZA RÍOS, A., ESCOBAR, J. e MEJÍA ESCOBAR, J. (2015): “Por una revaloración de la filosofía de la técnica. Un argumento a favor del rol cultural de la técnica”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 10, nº 30, pp. 265-275.

MOREIRA, A. P., MARQUES, L. e LOUREIRO, M. J. (2005): “Percepções de professores e gestores de escolas relativas aos obstáculos à integração das TIC no ensino das ciências”, *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, pp. 1–5.

OKAMOTO, K., CHEN, W. e LI, X. Y. (2008): “Ranking of closeness centrality for large-scale social networks”, em F. P. Preparata, X. Wu y J. Yin (orgs.): *Frontiers in Algorithmics 5059*, Berlin, Springer Berlin Heidelberg.

OLAYA, D. e PEIRANO, F. (2007): “El camino recorrido por América Latina en el desarrollo de indicadores para la medición de la sociedad de la información y la innovación tecnológica”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 3, nº 9, pp.153-185.

PERALTA, H. e COSTA, F. A. (2007): “Competência e confiança dos professores no uso das TIC Síntese de um estudo internacional”, *Sísifo - Revista de Ciências da Educação*, nº 3, pp.77–86.

PÉREZ JIMÉNEZ, C. (2006). “¿Tecnologización o democratización de la educación?: Entre debates, encrucijadas y críticas desde el enfoque CTS”, *Revista de Ciencias Sociales*, vol. 12, nº 1, pp. 93-109.

RODRÍGUEZ GUSTÁ, A. L. (2014): “Interferencias en la conexión: las TIC en los planes de igualdad de oportunidad y las agendas digitales de América Latina”, *Revista iberoamericana de ciencia, tecnología y sociedad*, vol. 9, nº 25, pp. 11-32.

SCHIAVO, E., NOGUEIRA, C. S. e VERA, P. (2013): “Entre la divulgación de la cultura digital y el surgimiento de los laboratorios ciudadanos. El caso argentino en el contexto latinoamericano”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 8, n° 23, pp. 179-199.

SANZ MERINO, N. (2008): “La apropiación política de la ciencia: origen y evolución de una nueva tecnocracia”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, vol. 4, n° 10, pp. 85-123.

STAR, S. L. e GRIESEMER, J. R. (1989): “Institutional ecology, ‘translations’ and boundary objects: Amateurs and professionals in Berkeley’s Museum of Vertebrate Zoology, 1907–1939”, *Social Studies of Science*, vol. 19, n° 3, pp. 387-420.

TOLEDO, C. E. R., ALBUQUERQUE, M. B., CHRISPINO, A. e BÖCK, B. S. (2016): “Os temas de pesquisa que orbitam o enfoque CTS: uma Análise de Rede sobre as Teses publicadas no Brasil”, *Indagatio Didactica*, vol. 8, n° 1, pp. 167-1383.

VAN RAAN, A. F. J. (1997): “Scientometrics: state-of-the-art”, *Scientometrics*, vol. 38, n° 1, pp. 205-218.

VON LINSINGEN, I. (2007): “Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina”, *Ciência & Ensino*, vol. 1, pp.1-19.

Se terminó de editar
en
Buenos Aires, Argentina
en Septiembre de 2016



REVISTA IBEROAMERICANA DE CIENCIA, TECNOLOGIA Y SOCIEDAD

Artículos

Lógicas y modos de producción de conocimiento en política educativa. Análisis de la investigación producida en Chile (2000–2011)

Cristóbal Villalobos, Alejandro Band, Marioly Torres y Soledad González

A Anomalia da Política de C&T e sua Atipicidade Periférica

Renato Dagnino

Dossier

Presentación

Juan Carlos Toscano, Mariano Martín Gordillo y Álvaro Restrepo

Ponto de Ruptura Civilizatória: a Pertinência de uma Educação “Desobediente”

Walter Antonio Bazzo

Cinco Orientações para o Ensino das Ciências: a Dimensão CTS no Cruzamento da Didática e de Políticas Educacionais Internacionais

Alcina Mendes e Isabel P. Martins

La ciencia, el futuro y las aulas: algunas propuestas didácticas sobre prospectiva

Mariano Martín Gordillo

Educação em Ciências e Matemática com Orientação CTS Promotora do Pensamento Crítico

Celina Tenreiro-Vieira e Rui Marques Vieira

La formación de los ingenieros para participar con las comunidades en temas tecnológicos: consideraciones a partir de la gestión del agua

Carlos Osorio Marulanda

Práticas Integradas de Educação em Ciências: um Programa de Formação Contínua para Professores com Cariz CTS

Ana V. Rodrigues e Patrícia João

Uso de la historia de la ciencia para comprender aspectos de la naturaleza de la ciencia.

Fundamentación de una propuesta basada en la controversia Pasteur *versus* Liebig sobre la fermentación

José Antonio Acevedo-Díaz y Antonio García-Carmona

Las actitudes hacia las matemáticas en estudiantes y maestros de educación infantil y primaria: revisión de la adecuación de una escala para su medida

Raquel Fernández Cézar, Natalia Solano Pinto, Karina Rizzo, Ariadna

Gomezecobar Camino, Luis Miguel Iglesias y Alejandro Espinosa

Fóruns de Negociações Simulados no Ensino de Engenharia: Análise de uma Estratégia Didática

Vagner Ricardo de Araújo Pereira e Carlos Roberto Massao Hayashi

Redes Sociais Formadas pela Revista CTS: uma Análise dos Doze Primeiros Anos de Publicações

Thiago Brañas de Melo, Fernanda Pontes, Bruno Böck, Carlos Toledo e Alvaro Chrispino



Instituto Universitario de
Estudios de la Ciencia y la Tecnología,
Universidad de Salamanca




Observatorio
CTS

redes 
Centro de Estudios sobre Ciencia,
Desarrollo y Educación Superior