



Compreensões dos licenciandos de diferentes áreas sobre a natureza da ciência, a partir de questões sociocientíficas

Conception of undergraduates from diverse degree fields' on the nature of science, based on socio-scientific questions

Diana Fabiola Moreno Sierra

Grupo Alternancias Universidad Pedagógica Nacional
diana.educi@gmail.com

Leonardo Fabio Martínez Pérez

Universidad Pedagógica Nacional
lemartinez@pedagogica.edu.co

Resumo:

Esta pesquisa teve como objetivo analisar as compreensões sobre a Natureza da Ciência (NdC) de licenciandos de diferentes áreas do conhecimento, ao discutirem as controvérsias do Diagnóstico Genético de Pré-implantação (DGPI) e da Célula Sintética. A pesquisa foi fundamentada em um referencial teórico sobre a ciência enquanto conhecimento metadisciplinar, enfatizando os aspectos epistemológicos, sociológicos e teve uma metodologia de caráter qualitativo. A análise dos resultados evidencia que a abordagem de questões sociocientíficas (QSC) associada às controvérsias científicas (tais como as suscitadas pelo DGPI e a Célula Sintética) possibilitaram a constituição de avanços significativos nas visões de ciência de futuros professores.

Palavras chave: Perspectiva CTSA; Epistemologia e Sociologia da ciência; Posicionamentos éticos e políticos.

Abstract:

This research aimed to analyze the conceptions on the Nature of Science (NoS) held by undergraduate students, from diverse degree fields, when discussing the controversial issues of the Pre-implantation Genetic Diagnosis (PGD or PIGD) and the Artificial Cell. The research followed a theoretical framework that understands science as a meta-disciplinary knowledge system and emphasizes the epistemological and sociological aspects. For this purpose, a qualitative methodology was employed. An analysis of the results shows that the socio-scientific questioning approach, once associated to both controversial issues (the PIGD and the Artificial Cell) contributed to significantly enhance the future teachers' conceptions on science.

Keywords: STSE perspective; Epistemology and Sociology of Science; Ethical and Political Positioning.

Resumen:

Esta investigación tuvo como objetivo analizar las comprensiones sobre la Naturaleza de la Ciencia (NdC) de los estudiantes de licenciatura de diferentes áreas del conocimiento al discutir las controversias del Diagnóstico Genético Preimplantación (DGPI) y de la Célula Sintética. La investigación se fundamentó en un referencial teórico sobre ciencia como conocimiento metadisciplinar, enfatizando los aspectos epistemológicos y sociológicos. La metodología fue de carácter cualitativo. Los análisis de los resultados evidenciaron que el abordaje de cuestiones



sociocientíficas (CSC) asociado a controversias científicas (tales como las promovidas por el DGPI y la Célula Sintética) posibilitaron avances significativos en las visiones de ciencia de los futuros profesores.

Palabras clave: Perspectiva CTSA; Epistemología y Sociología de la ciencia; posicionamiento éticos y políticos.

Introdução

O interesse pela análise das compreensões sobre a NdC a partir da abordagem de QSC é recente e constitui uma forma relevante de trabalho para construir compreensões plausíveis. Dos poucos trabalhos que existem neste tema destacamos as pesquisas desenvolvidas por Simmons e Zeidler (2003) e por Wong, Wan e Wai-Cheng (2011) que representam o início de uma linha de trabalho sobre as QSC e a NdC.

Segundo as pesquisas de Guess-Newsome e Lederman (1995), o conhecimento sobre a Natureza da Ciência (NdC) pode ser entendido como uma tentativa de explicação dos fenômenos da natureza a partir da construção de modelos e teorias específicas e não absolutas, enquanto o conhecimento científico apoia-se em observações, evidências experimentais e argumentos racionais.

Em pesquisa realizada por Pedretti (2003), foi evidenciado o favorecimento de uma melhor compreensão da NdC, tanto por parte dos estudantes como dos professores, na medida em que estes percebiam o enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) como uma atividade social e cultural, com valores e crenças situadas em um determinado contexto histórico. Apesar dos avanços reportados pela citada autora, a compreensão da NdC pelos professores ainda é uma questão a ser resolvida, assim como ainda é evidente a persistência de dificuldades para se trabalhar com os estudantes uma concepção de ciência na qual as incertezas e dilemas éticos e morais representem aspectos importantes. As controvérsias inerentes às questões sociocientíficas (QSC) são de notável interesse para se analisar a formação de professores sobre a NdC, não apenas com base nas concepções destes, mas levando em conta suas práticas docentes. É fundamental que os professores discutam com seus estudantes as QSC que circulam na mídia e que, afetando a vida dos cidadãos, comprometem o futuro da sociedade atual.

A ideia da ciência em permanente mudança e a necessária discussão pública das questões relativas ao desenvolvimento científico geram importantes desafios para a formação do professor. Assim, nesta pesquisa atingimos o seguinte questionamento:

Quais são as compreensões dos licenciandos de diferentes áreas sobre a Natureza da Ciência no estudo das questões do Diagnóstico genético pré-implantação e as pesquisas sobre a criação da Célula?

A pesquisa científica envolvida no DGPI abrangem, segundo as discussões desenvolvidas com os licenciandos, controvérsias sobre o descarte de embriões, a eugenia e a instrumentalização da vida. Com respeito ao primeiro aspecto, o questionamento é focado na compreensão do embrião como um projeto de ser humano e não como um objeto que pode ser manipulado e descartado. A controvérsia está definida a partir de posicionamentos sobre o que significa a vida para a ciência



e o que ela significa em termos éticos e morais. No entanto, não existe um consenso porque os licenciandos reconhecem que para alguns cientistas o embrião somente existe após os 14 dias da fecundação, o que pode justificar a sua manipulação. Já para os humanistas a vida vai além da questão biológica e pode ser considerada como um projeto a partir da fecundação do óvulo e sua implantação no útero da mãe. Essa controvérsia desencadeou posicionamentos éticos por parte de alguns licenciandos que consideraram o descarte de embriões como assassinato, pois o embrião não é apenas um conjunto de células. Também foi questionada a eugenia negativa, própria da seleção de embriões sem doenças, pois não há garantias de que no fim do processo haja pessoas cem por cento sadias. Assim, a grande controvérsia ética e moral presente está associada ao fato de o embrião ser equivalente a um ser humano. Os posicionamentos éticos e morais dos licenciandos se constituíram associados a visões religiosas e a visões racionais que incorporam os argumentos científicos. Dessa forma, o espaço foi favorável para a discussão e o diálogo, o que foi enriquecido por experiências desenvolvidas em distintos cursos de graduação, o que viabiliza a sua argumentação enquanto estratégia de formação dos futuros professores.

Contextualização teórica

Nesta pesquisa adotamos uma conceitualização ampla da NdC, que abrange o que significa a ciência conforme o seu desenvolvimento histórico, epistemológico, social e cultural. Adotamos o significado desta metadisciplina da ampla literatura desenvolvida nos últimos 40 anos no campo do Ensino de Ciências (Abd-El-Khalick, Bell, & Lederman, 1998; Adúriz-Bravo, 2005; Adúriz-Bravo, 2005a; Acevedo, 2008; García-Carmona, Vázquez, & Manassero, 2012).

Segundo Lederman (1992) e Lederman, Abd-El-Khalick, Bell e Schwartz, (2002), a NdC refere-se a epistemologia e sociologia da ciência, ou aos valores e crenças próprios do desenvolvimento do conhecimento científico. Dificilmente existe um consenso entre filósofos, historiadores, sociólogos e educadores em ciências sobre o que significa a ciência, no entanto, existem compreensões compartilhadas, tais como: o conhecimento científico é provisório; possui uma base empírica e teórica; é um produto de inferência humana; é próprio da imaginação e criatividade humana e tem influência de fatores sociais e culturais.

Também Acevedo, Vazquez, Manassero e Acevedo (2007) e Vázquez, Acevedo, Manassero e Acevedo (2004) indicam que o campo da NdC é pouco consensual, mas que existe a possibilidade de alguns acordos, especialmente para a incorporação desta no currículo escolar. Os autores entendem a NdC como um metaconhecimento sobre a ciência, inspirado em um trabalho interdisciplinar de especialistas da história, da filosofia e da sociologia.

Os autores Adúriz-Bravo, Dibarboure, e Ithurralde (2013) também consideram a NdC como uma metaciência que envolve de uma parte a epistemologia, a história da ciência, a sociologia da ciência, a psicologia da ciência e a linguística da ciência correspondente à atividade científica. Por outra parte também relacionam a NdC com um componente emergente dentro do currículo das Ciências da Natureza para todos os níveis de ensino e, finalmente, a consideram como uma linha de pesquisa, inovação e extensão.

A reflexão epistemológica sobre o significado da ciência através da história moderna permite identificar a ciência com o estudo de teorias, modelos, princípios e método da ciência, neste sentido



nos perguntamos por: Que é a ciência? O que a caracteriza? Como é construído o conhecimento científico e qual é a validade deste conhecimento?

Já para a reflexão sociológica consideramos questionamentos como: A ciência é uma atividade autônoma e diferenciada? De que forma se institucionaliza a ciência? O que se pretende com a "democratização" da ciência e da tecnologia na sociedade contemporânea?

Dado a nosso interesse na abordagem de QSC consideramos que entender a ciência desde os questionamentos feitos por Kuhn (2001) à concepção empirista e positivista da ciência tem permitido considerá-la como uma construção racional que envolve teorias e modelos, os quais orientam a observação e o desenho de experimentos. O conhecimento científico pode ser questionado e refutado por resultados experimentais ou por meio do estabelecimento de teorias mais abrangentes, entre outros.

Por outro lado, para a reflexão sociológica os estudos de Merton (1973) que fundamentavam o *ethos* da ciência moderna: 1) universalismo, 2) comunalismo, 3) desinteresse e 4) ceticismo, os quais foram questionados por Barnes e Dolby (1994), Barnes e Bloor (1997), nós permitem entender a ciência como atividade humana e social, realizada por um coletivo que apresenta valores e interesses específicos relativos à pesquisa que desenvolvem.

Nesse sentido aprofundar nos aspectos epistemológicos e sociológicos permitem orientar os processos formativos de professores de ciências e de outras áreas quando se aproximam ao estudo da NdC, em especial da ciência atual, que envolvem controvérsias sociais tais como o uso de transgênicos, a experimentação com animais, a clonagem, o uso de células tronco, a produção de biocombustíveis e a produção de medicamentos.

As QSC do DGPI e da Célula Sintética

De acordo com Ratclife e Grace (2003, pp. 2-3), são características das QSC: 1) Ter uma base na ciência, frequentemente em áreas que estão nas fronteiras do conhecimento científico; 2) Envolver a formação de opiniões e a realização de escolhas no nível pessoal e social; 3) São frequentemente divulgadas pela mídia, com destaque para os aspectos baseados nos interesses dos meios de comunicação; 4) Lidam com informações incompletas por conta de evidências científicas incompletas ou conflitantes e de lacunas nos registros; 5) Lidam com problemas locais e globais e suas estruturas sociais e políticas; 6) Envolve a análise de custo e benefício na qual os riscos interagem com valores; 7) Podem envolver considerações sobre desenvolvimento sustentável; 8) Envolve valores e raciocínio ético; 9) Podem requerer algum entendimento de probabilidade e risco. Além disso, as QSC são pouco delimitadas, abordadas multidisciplinarmente e frequentemente controversas, e envolvem produtos tecnológicos que têm impactos em contextos sociais e ambientais.

Diversos autores reconhecem o potencial das QSC para o trabalho em sala de aula. Dentre suas possibilidades estão a promoção do desenvolvimento ético e moral nos estudantes (Guimarães, 2011; Zeidler, 2003) e a viabilização da compreensão da NdC na formação de professores (Galvão, Reis, & Freire, 2011; Pedretti, 2003; Reis & Galvão, 2008), podendo também trazer contribuições para a formação do professor como pesquisador, além de potencializar a autonomia docente e contribuir para o questionamento da ideologia do currículo tradicional, que se caracteriza pela imposição dos conteúdos e estratégias de ensino a serem desenvolvidos mecanicamente pelo



professor durante as suas aulas (Martínez, 2012).

Neste sentido as duas QSC orientadas foram o DGPI o qual consiste em uma técnica desenvolvida para a análise cromossômica e genética de um embrião obtido por fertilização *in vitro* (FIV), o qual, posteriormente aos resultados do estudo genético, poderá ser transferido para o útero da mãe e a Célula Sintética entendida segundo Marcovich (2008) como a representação da célula mínima, questão que está sob a lógica da engenharia, pois se conhece as microestruturas orgânicas artificiais, as quais são sintetizadas para serem implantadas no ser vivo.

Metodologia

Adotamos a pesquisa qualitativa como orientação metodológica, já que entre suas características há uma ênfase no processo de interpretação das realidades sociais e na compreensão das experiências vivenciadas pelos diferentes sujeitos envolvidos (Bauer, Gaskell, & Allum, 2002). Os processos de interpretação também são próprios da pesquisa quantitativa, no entanto, os interesses no conhecimento são diferentes, pois no caso da pesquisa qualitativa nos afastamos de análises numéricas ou estatísticas correspondentes a uma pesquisa quantitativa e nos aproximamos das interpretações sociais e subjetivas. Nesta pesquisa foram consideradas três fases, apresentadas no quadro a seguir.

Quadro 1. Fases da Pesquisa.

Fase de caracterização	Fase de construção de compreensões	Fase de relações
Obedece a caracterização das visões de ciência dos estudantes participantes da disciplina .	Abrange as compreensões da NdC, sendo consideradas a abordagem das QSC do DGPI e da Célula Sintética.	Envolve as relações entre as QSC e a prática do futuro professor.

A fase de campo dessa pesquisa foi desenvolvida na Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UD), localizada na cidade de Bogotá-Colômbia no marco de uma disciplina proposta pela autora principal deste trabalho e que foi intitulada *Formação de Docentes em QSC*, cujo objetivo principal foi fundamentar e problematizar a compreensão sobre a atividade profissional nos processos de ensino junto aos licenciandos, a partir do estudo das QSC do DGPI e da Célula Sintética. Os objetivos específicos foram: 1) identificar e analisar diferentes informações sobre os desenvolvimentos científicos e tecnológicos apresentados em notícias midiáticas; 2) favorecer aos estudantes a compreensão de algumas características próprias das QSC; 3) oferecer uma proposta experiencial sobre a aprendizagem das ciências a partir da abordagem de algumas QSC, possibilitando a reflexão sobre o papel profissional docente; e 4) estudar pressupostos teóricos que abrangem as QSC, tais como ciência, tecnologia, ética e vida.

Os participantes da pesquisa são caracterizados no Quadro 2 e podemos dizer que dos 14 licenciandos, 9 são mulheres e 5 homens, estudantes de diferentes cursos, sendo 6 do Curso de Licenciatura em Biologia (CLB), 4 do Curso de Licenciatura em Pedagogia Infantil (CLPI), 2 do Curso de Licenciatura em Ciências Sociais (CLCS), 2 do Curso de Licenciatura em Inglês (CLI). As idades destes licenciandos variavam entre 17 e 29 anos. Os estudantes cursavam diferentes semestres e a maioria estava na finalização do curso (VIII, IX e X semestre), no entanto, Denise encontrava-se no



primeiro semestre, Fabiana no segundo semestre e Saulo em quinto semestre.

A grande maioria (11) já realizou estágio ou estão realizando, a Denise, a Fabiana e o Saulo, não fizeram estágio, pois ainda estão cursando semestres iniciais. Da mesma forma, a maioria respondeu estar desenvolvendo seu TCC, sendo nove licenciandos.

Quadro 2. Estudantes participantes na disciplina e na pesquisa.

Estudante ¹	Idade (Anos)	Curso	Semestre	Estágio		TCC*	Abordagem em sala de aula de temas polêmicos
				Antes	Atualmente		
Camila	23	Licenciatura com habilitação em Inglês	X	Sim	-	Sim	Não
Silmara	23	Licenciatura com habilitação em Inglês	X	Sim	-	Sim	Não
Saulo	19	Licenciatura com habilitação em Ciências Sociais	V	Não	Não	Não	Não
Vinicius	26	Licenciatura com habilitação em Ciências Sociais	X	Sim	Não	Sim	Não
Mônica	21	Licenciatura com habilitação em Pedagogia Infantil	VIII	-	Sim	Sim	Não
Kelly	20	Licenciatura com habilitação em Pedagogia Infantil	VIII	-	Sim	Sim	Não
Denise	17	Licenciatura com habilitação em Pedagogia Infantil	I	Não	Não	Não	Não



Fabiana	18	Licenciatura com habilitação em Pedagogia Infantil	II	Não	Não	Não	Não
Kátia	26	Licenciatura em Biologia	X	-	Sim	Sim	Sim
Alessandra	21	Licenciatura em Biologia	X	-	Sim	Sim	Sim
Regiane	22	Licenciatura em Biologia	X	Sim	Não	Sim	Sim
João	21	Licenciatura em Biologia	IX	Sim	Não	Não	Sim
Gabriel	23	Licenciatura em Biologia	X	-	Sim	Sim	Sim
Rafael	29	Licenciatura em Biologia	X	-	Sim	Não	Sim

*TCC: Trabalho de conclusão de curso graduação

Considerando este estudo como de natureza qualitativa foram utilizados diversos instrumentos para a coleta da informação. No Quadro 3 apresentamos os diferentes instrumentos com seus respectivos objetivos e momentos de aplicação, bem como uma pequena descrição de cada um. O questionário teve a função de abordar alguns aspectos gerais a partir de um interesse exploratório e não de aprofundamento como é indicado por Rodríguez, Gil e García (1999).



Quadro 3. Instrumentos utilizados na pesquisa.

Instrumento e o momento de aplicação	Objetivos	Descrições
Questionário inicial Parte I Parte II Encontros iniciais	- Realizar uma caracterização inicial dos estudantes participantes da disciplina	1) Dados gerais 2) Contexto de sua preparação profissional 3) Descrições sobre sua preparação profissional segundo aspectos do curso de licenciatura
Produção de registros escritos por parte dos estudantes Desenvolvimento da disciplina	- Analisar as apropriações realizadas pelos estudantes sobre a NdC e as QSC do DGPI e a Célula Sintética	1) Texto escrito sobre a ciência e suas características 2) Resenhas sobre a leitura de três textos 3) Texto escrito de análises do livro de Nepote (2011) 4) Apresentações de <i>Power Point</i> das temáticas de fundamentação de QSC 5) Quadros sobre características das QSC do DGPI e a Célula Sintética 6) Proposta de atividade do ensino para a sala de aula
Gravações em áudio dos 25 encontros (50 horas) Desenvolvimento da disciplina	- Identificar e analisar as compreensões sobre NdC a partir da abordagem das QSC de o DGPI e a Célula Sintética	Atividade realizada durante todos os encontros com o consentimento assinado pelos licenciandos



<p>Entrevista individual gravada em áudio (14 entrevistas)</p> <p>Encontros individuais ao finalizar a disciplina e posterior a sua finalização</p>	<p>- Aprofundar as contribuições sobre as compreensões de ciência, das QSC e dos aspectos da formação profissional</p>	<p>Os três eixos abordados:</p> <ol style="list-style-type: none">1) Considerações sobre as QSC2) Considerações sobre o desenvolvimento do seminário3) Considerações sobre os aspectos formativos <p>Foram programados encontros com cada estudante</p>
---	--	---

Sobre a indagação levantada no questionário inicial: Tem trabalhado com temas polêmicos de tipo científico e tecnológico no desenvolvimento de seu curso? Só os estudantes da Licenciatura em Biologia responderam afirmativamente, mencionando a aula de Biotecnologia e de Genética e, em alguns momentos particulares na aula de Ética ou na aula de Ciência e Sociedade. Sobre a descrição de abordagens, os licenciandos, em sua maioria, indicam a leitura de artigos. Nenhum estudante relatou casos polêmicos, mas eles mencionaram áreas de conhecimento das ciências.

Resultados e análises

Caracterização inicial da compreensão inicial sobre a NdC

Durante os primeiros quatro encontros da disciplina, que representaram o espaço educacional para a constituição dos dados, foram coletadas informações importantes para a caracterização das compreensões iniciais dos licenciandos sobre a NdC. O fato de eles serem de diferentes áreas representou uma particularidade importante, pois foram assumidas posições pertinentes com suas áreas de formação: Ciências Sociais ou Ciências da Natureza.

Nesse sentido, a partir das falas dos licenciandos obtidas nestes primeiros encontros, caracterizamos a visão dicotômica da NdC que indica a existência de duas maneiras particulares de construir o conhecimento: aquela que é própria da área social e outra que é própria dos cientistas interessados pelo estudo da natureza. Essa visão dicotômica da ciência apresenta uma tensão entre os conhecimentos que podem ser considerados científicos pelos distintos métodos e rigor com que são constituídos. Além disso, podem estabelecer uma diferenciação entre uma Ciência Social e uma Ciência da Natureza.

A visão do absolutismo metodológico da NdC que, em termos epistemológicos, é coerente com a concepção positivista e empirista da ciência e, em termos sociológicos, corresponde a uma visão funcionalista é apresentada pelas licenciandas Mônica e Kelly e constatada no texto elaborado pelas mesmas no quarto encontro, como parte de uma atividade proposta na disciplina com o intuito de avaliar as ideias dos licenciandos, após terem estudado vários textos sobre a ciência.

A concepção dicotômica é ratificada, pois Mônica e Denise estabelecem algumas particularidades para cada tipo de ciência. Enquanto as Ciências da Natureza atingem parâmetros objetivos para a explicação do funcionamento da natureza, a Ciência Social aceita a subjetividade como um



aspecto importante para a construção de conhecimento e, também, parece ser mais ampla e complexa. Apesar de considerar a existência de diferenças entre os dois tipos de ciência, para Mônica a visão das Ciências Naturais (Química, Biologia, Física, Ciências da Terra, Ciências da Saúde, entre outras) gera, nos alunos, uma desvalorização das Ciências Sociais e Humanas, enquanto para Denise as Ciências da Natureza evoluem, mas seguem uma lógica exata, estabelecida por determinadas leis. Novamente observamos o absolutismo metodológico em termos de identificar um método científico para a Ciência da Natureza que orienta o processo de construção de leis e oferece regularidades causais dos fenômenos estudados.

Nos primeiros encontros, além de caracterizarmos algumas visões dos licenciandos sobre a NdC, evidenciamos que a participação da professora da disciplina esteve focada no sentido de favorecer um ambiente de discussão sobre as características da ciência, através da leitura de diferentes textos que foram fornecidos. A exposição dos estudantes por meio de textos e imagens que envolviam uma visão positivista e cientificista da ciência ajudou a caracterizar estas visões.

Ainda durante o quarto encontro da disciplina, as primeiras aproximações dos aspectos epistemológicos da ciência - gerados pelo texto orientado como leitura - favoreceram a elaboração de alguns textos por parte dos licenciandos que evidenciaram uma reflexão mais pertinente à caracterização da visão da ciência, vendo-a como uma atividade contextualizada socialmente, que não busca verdades absolutas e que apresenta importantes mudanças.

O Quadro 4 traz uma síntese das visões apresentadas pelos licenciandos nos primeiros quatro encontros da disciplina. Conforme o exposto, observamos que dos 14 licenciandos participantes da pesquisa 6 apresentam uma visão mais restrita da ciência, associada ao absolutismo metodológico e ao objetivismo, os outros 8 apresentam visões integradas, dinâmicas e contextualizadas. Estas últimas foram construídas ao longo desses encontros e, nesse sentido, as atividades propostas pelos professores da disciplina favoreceram essa evolução e constituíram um esforço explícito de trabalhar a NdC com os licenciandos. Também se constituiu um ponto de referência para analisar tanto a evolução dessas visões como a emergência de novas compreensões da NdC, de acordo com a abordagem das QSC de DGPI e da criação da Célula Sintética.



Quadro 4. Caracterização das visões de ciência apresentadas pelos licenciandos.

Visão de NdC	Licenciandos e seu curso de graduação	Descrição geral da visão da NdC
Dicotômica e absolutismo metodológico.	Mônica (CLPI)	As Ciências Sociais e Humanas são subjetivas e as Ciências da Natureza são exatas e objetivas.
	Kelly (CLPI)	As Ciências Sociais são flexíveis e seguem uma metodologia qualitativa e as Ciências Naturais seguem um método sistemático que abrange a observação, a emissão de hipóteses e o estabelecimento de leis.
	Denise (CLPI)	As Ciências Naturais evoluem conforme sua lógica exata, individualista e rígida.
Integrada	Kátia (CLB)	As Ciências Sociais e as Ciências Naturais podem ter seus fins e valores comuns voltados ao benefício da humanidade, assim é possível a integração destas ciências.
	João (CLB)	Existe um problema paradigmático na pesquisa que matem a separação entre as Ciências Sociais e as Ciências Naturais. Uma reflexão paradigmática pode gerar a integração da comunidade de pesquisa das ciências.
Objetivista	Fabiana (CLPI)	A ciência evolui conforme um processo exato e objetivo.
	Camila (CLI)	A ciência é um conjunto de conhecimentos objetivos e neutros.
	Silmara (CLI)	A ciência é metódica e constrói leis universais.
Socialmente contextualizada.	Rafael (CLB)	A ciência é construída coletivamente e os cientistas têm interesses e outros valores humanos.
	Vinicius (CLCS)	A atividade científica depende de determinados interesses ideológicos e políticos.
	Gabriel (CLB)	A atividade científica está articulada ao poder e a determinados interesses da indústria e dos militares.
	Regiane (CLB)	A ciência representada em livros didáticos não está contextualizada nos fenômenos e problemas locais do país.
Dinâmica	Alessandra (CLB)	A ciência muda ao longo da história de uma visão empirista a uma visão socialmente contextualizada.
	Saulo (CLCS)	A ciência na modernidade experimenta mudanças conforme a revolução científica.
Total	5	14

Fonte: própria.



Também observamos no Quadro 4 que as visões mais restritas sobre a ciência são apresentadas pelos licenciandos de Pedagogia Infantil e Inglês, o que é explicável pela sua formação, que não considera um estudo dos aspectos da ciência. Os licenciandos de Ciências Sociais e Biologia apresentaram uma visão mais ampla.

É interessante que a presença de licenciandos de distintas áreas do conhecimento (Inglês, Pedagogia Infantil, Biologia e Ciências Sociais) possibilitou a caracterização de uma visão dicotômica e integrada da ciência, o que constitui uma nova contribuição para área de Ensino de Ciências em termos dos desafios propostos pela abordagem de QSC, pois estas questões são controvérsias públicas que circulam na mídia e estão presentes na vida de todos os cidadãos. Por esta razão, consideramos relevante a formação de professores de distintas áreas nestas questões, articuladamente com a formação da compreensão ampla da NdC. De fato, a aproximação de qualquer cidadão com a ciência constitui uma preocupação relevante da Educação Formal e Informal na sociedade atual.

Avanços sobre a compreensão da NdC a partir da abordagem de QSC

A partir do quinto encontro da disciplina, foi evidenciado o estudo e a problematização das QSC do DGPI e da Célula Sintética. Nesse processo caracterizamos a emergência de aspectos controvertidos das QSC, os quais são muito importantes para a construção de uma compreensão mais ampla dos professores sobre a NdC e constituem umas das principais contribuições deste trabalho para o Ensino de Ciências e para a formação de professores.

A abordagem das QSC do DGPI viabilizou processos de participação e posicionamento por parte de todos os estudantes, a partir de suas próprias crenças, valores e compreensões. O dilema do descarte de embriões mobilizou suas convicções religiosas de uma forma explícita. Já nos dilemas da eugenia genética e da instrumentalização da vida foram estabelecidas relações com as visões do reducionismo e determinismo genético, com questões de acesso ou discriminação genética e de dignidade da vida humana. Estas duas últimas mostram um grau de preocupação por questões deontológicas de forma mais implícita, no sentido do questionamento do dever ser. O imperativo categórico de Kant (1724-1804) de universalização da máxima, que ao mesmo tempo em que se converte em uma lei universal, faz parte do questionamento dos licenciandos quando consideram que o DGPI gera privilégios de uma classe social que teria acesso diante de outra que estaria exposta a doenças genéticas por não serem diagnosticadas, mas também reconhecem que considerar este diagnóstico de forma massiva altera processos naturais e coloca uma nova representação de nossa compreensão do ser humano. Da mesma forma, a problematização sobre o uso do embrião como objeto seja para a ciência ou para o mercado coloca em evidência a compreensão do ser como fim em si mesmo e não como meio que também faz parte do imperativo categórico kantiano. Os aspectos éticos discutidos e apropriados pelos licenciandos constituem uma evidência de uma compreensão mais ampla da NdC que vai além do absolutismo metodológico ou da separação entre conhecimento social e conhecimento próprio da natureza.

Os avanços na compreensão dos licenciandos sobre a NdC da ciência são notados em apreciações como as levantadas por Mônica "a ciência olha para o embrião como algo humano ou como objeto", por Vinicius "a ciência tem deixado de lado o humano" ou Regiane que afirma "com o DGPI se forma um ser humano ou se desenha", as constantes reflexões de Gabriel, Saulo e Silmara sobre como a atividade científica está imbuída em uma mudança na noção de vida e na compreensão



sobre o ser humano. Ainda mais quando Alessandra considera que os desenvolvimentos científicos não fogem de propósitos e interesses do cientista.

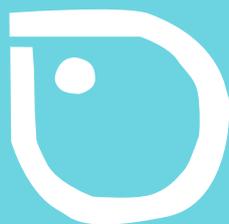
Como menciona Fourez (1995, p. 207) “na medida em que a ciência é sempre um “poder fazer”, um certo domínio da Natureza, ela se liga, por tabela, ao poder que o ser humano possui um sobre o outro” abrindo, assim, a discussão para a responsabilidade ética permanente do pesquisador e não da visão exclusiva que depende de aplicação dos resultados da ciência. Desta forma uma das contribuições trazidas foi, além de levar a construção de uma visão de ciência mais humana com erros e valores, trata-se de abordar o papel da problematização sobre a atividade científica a partir da qual os licenciandos passaram a indicar a necessidade de sua regulação. Esta abordagem é identificada como uma prática questionadora do modelo tecnocrático que delimita aos especialistas o saber e o decidir, e aos cidadãos, considerados ignorantes do processo científico e tecnológico, resta a necessidade confiar nestes especialistas, em suas decisões sobre o que e como deve se fazer, o que é contrário a discussão pública da ciência e tecnologia que exige a responsabilidade social da ciência.

Quando inicialmente caracterizamos as compreensões de ciência dos licenciandos identificamos que eles não relacionavam a ciência com aspectos éticos, pois para alguns, em sua visão absolutista, iam em direção a visões de neutralidade e de bem estar decorrentes do desenvolvimento científico e tecnológico.

Com a abordagem da questão do DGPI e da Célula Sintética os licenciandos identificaram aspectos éticos essenciais em uma compreensão ampla da NdC, o que foi claro nas suas análises sobre a instrumentalização da vida, além de tomar posicionamentos diante da eugenia positiva e negativa. Os dispositivos éticos abrangem desde as crenças religiosas até as deontológicas, naturalistas e utilitaristas. No processo de interação grupal, os licenciandos questionaram a ciência e as visões sobre o que ela faz, superando a noção do bem e o mal, para pensar no porque de seu agir, dessa manipulação e do que poderia trazer para o futuro.

A abordagem das QSC com os licenciandos possibilitou uma compreensão mais ampla das questões sociais e políticas associadas ao interesse privado e a desigualdade nas dinâmicas de como é construído o conhecimento científico. O interesse privado é favorecido inclusive pelos governos que deveria ser dirigido pelos interesses públicos, o que gera uma contradição porque o dinheiro de todos os cidadãos é investido em interesses particulares de grandes corporações econômicas. Neste sentido, observamos na fala do Vinicius a crítica as despesas geradas por pesquisas desse tipo, cuja verba poderia ser usada em projetos sociais. O João e a Mônica também expressam sua posição sobre problemas deste tipo nas pesquisas da Célula Sintética. Neste mesmo sentido observamos nas falas da Camila um elemento novo associado às questões sociais da NdC que está ligado as promessas que são feitas por projetos de grande impacto, como do desenvolvido sobre a Célula Sintética. Neste caso existe a promessa de criar vida, o que é questionado na fala da Alessandra e que tem um discurso histórico sobre o que significa a evolução e a pretensão das pesquisas de manipular a seleção natural. O Vinicius e a Kátia também problematizam o método científico que embasa essas pesquisas e as pretensões de sua suposta natureza infalível.

Em seguida particularizaremos outros avanços sobre a compreensão da NdC atingidos pelos licenciandos ao discutirem as QSC do DGPI e da Célula Sintética.



A Fabiana identificou a influência de aspectos econômicos no desenvolvimento científico da Célula Sintética, questionando as grandes despesas geradas e que no final das contas podem ser perdidas. Assim valorizamos seus avanços que contribuíram para a problematização de sua visão objetivista, o que foi mediado pelas discussões com colegas de várias áreas do conhecimento, o qual foi um ganho formativo da disciplina pensada com a participação de licenciandos de diferentes áreas.

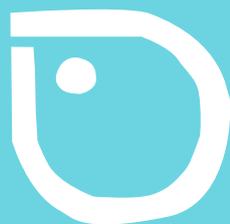
A visão objetivista da Silmara também avançou, pois percebemos que ela identifica a comunidade científica como organização social cujas qualidades humanas influenciam sua atividade, tais como a existência de hierarquias, disputas, fracasso e sucesso. Dessa forma, a ciência é considerada como uma atividade falível e influenciada pelos problemas humanos. Apesar dela cursar a graduação em Inglês e reconhecer a ausência de oportunidade para trabalhar com questões de ciência até então, considera que o trabalho realizado na disciplina permitiu a ela tratar de assuntos como DGPI em sua própria área. Este avanço é importante porque a ciência deixa de ser considerada como aquele conhecimento afastado da vida das pessoas e exclusivo de pessoas com qualidades especiais, constituindo-se, portanto, uma atividade pública.

A Camila, evidência um avanço de sua visão objetivista da NdC, pois ela conseguiu construir uma visão contextualizada socialmente ao identificar a influência dos fatores sociais, políticos e econômicos na atividade científica. Há também algumas marcas de uma visão dinâmica da ciência quando ela considera que a ciência é um conjunto de conhecimentos que procura a mudança, a interpretação e a compreensão do meio em que vivemos. Também valoriza as controvérsias envolvidas no DGPI e na Célula Sintética e, identifica como problemáticos os fins dessas pesquisas em termos de suas implicações éticas e sociais.

No caso das licenciadas Mônica, Kelly e Denise, é necessário lembrar que, embora inicialmente elas tivessem uma visão dicotômica da ciência que atribuía algumas características abertas e reflexivas das ciências sociais e humanas, consideravam também que as ciências da natureza tinham uma metodologia rígida, absoluta e neutra e que constrói o conhecimento infalível. Conforme a discussão das QSC que foi proposta para elas percebemos um avanço nas visões destas licenciandas com uma aproximação destas áreas do conhecimento. Esta aproximação foi favorecida pelas oportunidades de reflexões com colegas de diferentes áreas (Biologia, Ciências Sociais, Inglês e Pedagogia Infantil) o que possibilitou o desenvolvimento de reflexões que dificilmente são experimentadas em seus cursos focados em suas disciplinas.

A partir do enriquecimento das visões de ciência assumidos pelos licenciandos, e considerando a discussão das controvérsias sociocientíficas abrangidas no DGPI e na Célula Sintética, podemos evidenciar a necessidade da construção de uma compreensão da NdC que abranja as controvérsias éticas de grande parte da pesquisa científica contemporânea que é associada, por exemplo, à manipulação da vida e os vínculos estreitos da ciência com os interesses privados. Isto exige uma leitura complexa do que significa a ciência na atualidade.

Ditos aspectos não eram considerados nas compreensões expressas pelos licenciandos sobre a NdC durante os primeiros encontros, e aparecem com maior frequência nas discussões desenvolvidas sobre as QSC. Outro aspecto desta compreensão tem a ver com assuntos políticos, uma vez que no caso do DGPI esta pode gerar diversos problemas, tais como a desigualdade entre os cidadãos, bem como uma classificação de pessoas, isto é, entre aquelas que não desenvolveram doenças monogénicas e aquelas que apresentam esse tipo de doenças. Neste mesmo sentido são



questionados os problemas atuais de preconceito com relação às pessoas que possuem uma doença grave. Para o caso da Célula Sintética, ficou clara a influência do interesse privado na ciência e os riscos sociais e ambientais associados à produção de organismos sintéticos. Tais questionamentos nos indicam os sérios esforços a serem contemplados quando visamos uma formação cidadã e uma apropriação crítica da ciência, no que diz respeito à formação de futuros professores.

Conclusões

A abordagem das duas QSC na formação inicial de professores mostrou ser uma provocação interessante para os licenciandos de distintas áreas do conhecimento, de tal forma que caracterizamos avanços associados às suas visões iniciais sobre a NdC e identificamos os aspectos controversos das duas QSC a partir das ideias próprias dos licenciandos, do que decorreu a caracterização da possibilidade desta abordagem para a formação inicial daqueles futuros professores.

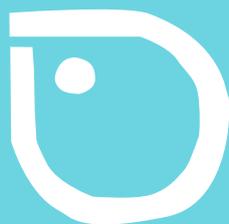
Dos licenciandos participantes da pesquisa caracterizamos que alguns possuíam uma visão da NdC dicotômica, associada com um absolutismo metodológico. Esta visão considera que as Ciências Sociais e Humanas estão interessadas nas questões sociais e possuem um método subjetivo, flexível e aberto. No entanto, as Ciências da Natureza seguem um método objetivo e rígido que é orientado ao levantamento de hipóteses e ao estabelecimento de leis universais.

Outros licenciandos apresentaram uma visão da NdC objetivista, focada na evolução das Ciências da Natureza como um processo exato, objetivo e neutro. Da mesma forma que os primeiros licenciandos, consideraram que o método está estruturado para o estabelecimento de leis universais. No entanto, embora este grupo de licenciandos também compartilhe da visão do absolutismo metodológico não caracteriza as Ciências Sociais e Humanas da mesma forma que seus colegas, como descrito anteriormente. Assim, identificamos um número significativo de licenciandos que possuem uma visão restrita da ciência, o que é compreensível por se tratarem de estudantes dos cursos de Pedagogia Infantil e de Inglês, que não possuem a preocupação com a análise da atividade científica, sendo esta inquietação presente apenas em cursos focados na formação de professores de ciências.

Conforme o estudo e a discussão das QSC do DGPI e da Célula Sintética ao longo da disciplina, identificamos as controvérsias presentes nas QSC, segundo o posicionamento político e ético dos licenciandos.

A instrumentalização da vida foi outra questão abordada na discussão desenvolvida com os licenciandos sobre o DGPI e a Célula Sintética, e tem a ver com a pretensão da ciência de tornar a vida um objeto manipulável e controlável para a definição do que é desejável ou indesejável em um embrião ou na produção de um novo organismo. No caso do embrião, trata-se de uma escolha entre aquele que deve nascer e o que não teria essa possibilidade. Segundo Habermas (2004), essa instrumentalização prejudica a espécie humana, pois coloca ao serviço do mesmo humano a disponibilidade de poder sobre o projeto de outro ser humano, o embrião. No caso da Célula Sintética, há a pretensão de se produzir organismos que possam alterar a evolução biológica das espécies do planeta.

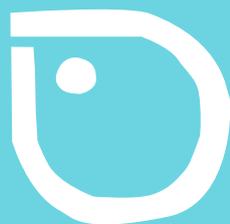
A identificação das controvérsias identificadas pelos licenciandos sobre o DGPI e a Célula Sintética,



os posicionamentos éticos e políticos por eles adotados e os avanços em suas visões de NdC constituem importantes contribuições para a formação inicial do professor, pois possibilitam a construção de um espaço de estudo e discussão, no qual as reflexões filosóficas, sociológicas e éticas fazem sentido para licenciandos de diferentes áreas, na medida em que seus saberes são valorizados e enriquecidos dialogicamente. Além disto, as contribuições da abordagem das QSC foram expressas pelos próprios licenciandos em termos das possibilidades desta para orientar a criação de propostas de ensino para o seu futuro exercício profissional.

Referências

- Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Lederman, N. (1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural. *Science Education*, 82(4), 417-436.
- Acevedo, J. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 5(2), 134-169.
- Acevedo, J., Vazquez, Á., Manassero, A., & Acevedo, P. (2007) Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 42-66.
- Adúriz-Bravo, A. (2005). *Una introducción a la naturaleza de la ciencia: La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires: Fondo de Cultura económica.
- Adúriz-Bravo, A. (2005a). ¿Qué naturaleza de la ciencia hemos de saber los profesores de ciencias?: Una cuestión actual de la investigación didáctica. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*, (n. extra), 23-33.
- Adúriz-Bravo, A., Dibarboure, M., & Ithurralde, S. (2013). *El quehacer del científico al aula*. Pistas para pensar. Montevideo: Queduca de la FUM-TEP.
- Barnes, B., & Bloor, D. (1997). Relativismo, racionalismo y sociología del conocimiento. In M. González, J. López, & J. Luján (Eds.), *Ciencia, Tecnología y Sociedad: Lecturas seleccionadas* (pp. 27-48). Barcelona: Ariel.
- Barnes, B., & Dolby, R. (1994). El ethos científico: un punto de vista divergente. In M. Irazo, R. Blanco, T. González, C. Torres, & A. Cotillo (Eds.), *Sociología de la Ciencia y la Tecnología* (pp. 33-52). Madrid: CSIC.
- Bauer, M., Gaskell, G., & Allum, N. (2002). Qualidade, quantidade e interesses do conhecimento: evitando confusões. In M. Bauer, & G. Gaskell (Eds.), *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático* (pp. 17-36). Petrópolis, RJ: Vozes.
- Fourez, G A. (1995). *Construção das ciências: introdução à filosofia e a ética das ciências*. São Paulo: Editora Unesp.
- Galvão, C., Reis, P., & Freire, S. (2011). A discussão de controvérsias sociocientíficas na formação de professores. *Ciência & Educação*, 17(3), 505-522.
- García-Carmona, A., Vázquez, Á., & Manassero, M. (2012). Comprensión de los estudiantes sobre



naturaleza de la ciencia: análisis del estado actual de la cuestión y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 23-34.

Guess-Newsome, J., & Lederman, N. (1995). Biology teachers' perceptions of subject matter structure and its relationship to classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, (32), 301-325.

Guimarães, M. (2011). Raciocínio informal e a discussão de questões sociocientíficas: o exemplo das células-tronco humanas. Tese de Doutorado. Bauru, Brasil: Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, Bauru. Consultado em http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/ArquivosPDF/TES_DOUT/TES_DOUT20110228_GUIMARAES%20MARCIO%20ANDREI.pdf

Habermas, J. (2004). *O futuro da Natureza Humana: a caminho de uma eugenia liberal?* São Paulo: Martins Fontes.

Kuhn, T. (2001). *A estrutura das revoluções científicas* (6.ª ed). São Paulo: Perspectivas.

Lederman, N. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359.

Lederman, N., Abd-El-Khalick, F., Bell, R., & Schwartz, R. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.

Marcovich, A. (2008). Formas do vivo e no vivo: imitar e/ou reproduzir a vida. *Scientiæ studia*, 6(1), 117-37.

Martínez, L. (2012). *Questões sociocientíficas na prática docente: ideologia, autonomia e formação de professores*. São Paulo: Editora Unesp.

Merton, R. (1973). *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*. London: The University of Chicago Press.

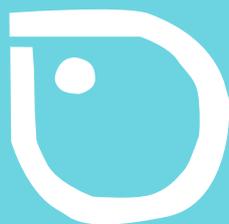
Pedretti, E. (2003). Teaching science, technology, society and Environment (STSE) education: Preservice Teachers' philosophical and pedagogical landscapes. In D. Zeidler (Org), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 219-239). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues*. Maidenhead: Open University Press.

Reis, P., & Galvão, C. (2008). Os professores de Ciências naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos. *Revista electrónica de Enseñanza de la Ciencias*, 7(3), 746-772.

Rodríguez, G., Gil, J., & García, E. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga, Espanha: Aljibe.

Simmons, M., & Zeidler, D. (2003). Beliefs in the nature of science and responses to socioscientific issues. In D. Zeidler (Org), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 81-94). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.



Vázquez, Á., Acevedo, J., Manassero, A., & Acevedo, P. (2004). Hacia un consenso sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. In I. Martins, F. Paixão, & R. Vieira (Orgs.), *Perspectivas Ciência Tecnologia-Sociedade na Inovação da Educação em Ciência* (pp. 129-132). Aveiro, Portugal: Universidade de Aveiro.

Wong, S. L., Wan, Z., & Wai-Cheng, M. (2011) Learning Nature of Science Through Socioscientific Issues. In T. Sadler (Ed), *Socio-scientific Issues in the Classroom: teaching, learning and research* (pp. 245-269). New York: Springer.

Zeidler, D. (Org.)(2003). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Notas

Por questão de preservação da identidade dos envolvidos, conforme o acordado na entrega do termo de consentimento é usado nomes fictícios para sua identificação.