

## Os professores de Ciências Naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos

Pedro Reis<sup>1</sup> e Cecília Galvão<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Educação de Santarém & Centro de Investigação em Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Portugal. E-mail: [PedroRochaReis@netcabo.pt](mailto:PedroRochaReis@netcabo.pt)

<sup>2</sup>Departamento de Educação & Centro de Investigação em Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Portugal. E-mail: [cgalvao@fc.ul.pt](mailto:cgalvao@fc.ul.pt)

**Resumo:** Vários educadores em ciência defendem a inclusão da discussão de questões sociocientíficas controversas nos currículos de ciências em resultado das suas potencialidades tanto na aprendizagem dos conteúdos, dos processos e da natureza da ciência e da tecnologia, como no desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e ético dos alunos (Levinson, 2006; Millar, 1997; Nelkin, 1992; Reis, 1997; Sadler, 2004; Zeidler e Lewis, 2003). Contudo, apesar de todas as evidências empíricas relativamente ao seu potencial educacional, as actividades de discussão de questões sociocientíficas controversas não são realizadas em muitas aulas de ciências, mesmo quando integram as orientações curriculares e os professores consideram importante a sua realização.

Esta investigação de índole qualitativa, baseada em estudos de caso, pretendeu estudar os factores que influenciam a realização de actividades de discussão de questões sociocientíficas controversas. Através da análise de dados provenientes de entrevistas e da observação de sequências de aulas procurou-se compreender os factores que motivam os professores a realizarem este tipo de actividade nas suas aulas.

Os dois estudos de caso revelam que as controvérsias actuais nas áreas da biotecnologia, da genética molecular e das ciências médicas parecem ter tido impacto nas concepções das professoras reforçando, nomeadamente, a concepção de ciência como empreendimento dinâmico, em constante evolução e controverso, com interacções múltiplas com a tecnologia e a sociedade. Contudo, verifica-se que as ideias destas professoras acerca do empreendimento científico e da educação científica nem sempre se reflectem na sua prática de sala de aula. Diversos factores inerentes aos professores, aos alunos e ao sistema educativo parecem afectar a coerência entre as concepções e as práticas. Assim, a realização de actividades de discussão de questões sociocientíficas controversas depende, decisivamente, das convicções das professoras acerca da relevância educacional destas actividades e dos conhecimentos necessários à sua implementação em sala de aula.

**Palavras chave:** questões sociocientíficas, concepções dos professores, natureza da ciência, práticas de sala de aula.

**Title:** Natural science teachers and the discussion of controversial socio-scientific issues: Two different cases.

**Abstract:** Several science educators advocate the inclusion of the discussion of controversial socio-scientific issues in science curricula because of its potential in the promotion of science learning and of cognitive, social, political, moral and moral development of the students (Levinson, 2006; Millar, 1997; Nelkin, 1992; Reis, 1997; Sadler, 2004; Zeidler and Lewis, 2003). However, despite all the empirical evidence regarding its educational potential, these activities are not conducted in many classes in science, even when they integrate the curricular guidelines and teachers value their realization.

This qualitative research, based on case studies, sought to understand the factors that influence the conduction of discussion activities regarding controversial socio-scientific issues. Through the analysis of data from interviews and classes' observation, it sought to understand the factors that motivate the teachers to carry out this type of activity. The two case studies show that the current controversies in the areas of biotechnology, molecular genetics and medical science seem to have had an impact on teachers' conceptions, enhancing, in particular, the conception of science as dynamic and controversial enterprise with multiple interactions with technology and society. However, it seems that these teachers' ideas about scientific enterprise and science education are not always reflected in their classroom practice. Several factors related to the teachers, students and education system affect the consistency between conceptions and practices. Thus, the implementation of the discussion activities about controversial socio-scientific issues depends decisively on teachers' convictions about the educational relevance of these activities and the knowledge necessary for its implementation in the classroom.

**Keywords:** socio-scientific issues, teachers' conceptions, nature of science, classroom practices.

### **Introdução**

O presente estudo insere-se numa linha de investigação e de intervenção destinada a apoiar a implementação, em Portugal, de novos currículos de ciências para o Ensino Básico e Secundário que apelam à discussão de temas científicos e tecnológicos controversos e actuais como forma de preparar os alunos para uma participação activa e responsável na sociedade (Reis, 2004, 2008; Reis e Galvão, 2004, 2005). Através destes estudos, pretende-se compreender os factores que condicionam positiva e negativamente a realização de actividades de discussão de questões sociocientíficas nas aulas de ciências e, com base neste conhecimento, conceber e implementar processos de intervenção capazes de proporcionar aos professores a confiança, a motivação e o conhecimento didáctico necessários à utilização de actividades desta natureza.

As questões sociocientíficas referidas neste estudo consistem em assuntos

relativos às interações entre ciência, tecnologia e sociedade (nomeadamente, as polémicas despoletadas pelos eventuais impactos sociais de inovações científicas e tecnológicas) que dividem tanto a comunidade científica como a sociedade em geral, e para as quais diferentes grupos de cidadãos propõem explicações e tentativas de resolução incompatíveis, baseadas em valores alternativos. Estas questões sociocientíficas possuem uma natureza contenciosa, podem ser analisadas segundo diferentes perspectivas, não conduzem a conclusões simples e envolvem, frequentemente, uma dimensão moral e ética (Sadler e Zeidler, 2004).

### **Enquadramento teórico**

Através dos meios de comunicação, os cidadãos são confrontados quase diariamente com notícias sobre questões científicas e tecnológicas com ramificações sociais controversas: clonagem; utilização de células estaminais em investigação e tratamentos médicos; a libertação para a atmosfera de substâncias com efeitos na saúde pública, no efeito de estufa e na diminuição da camada de ozono; a utilização de hormonas e de antibióticos na produção animal. Estas notícias confrontam os cidadãos com um tipo de ciência diferente daquela que é, frequentemente, apresentada nas aulas de ciências: a maioria da educação científica formal centra-se na ciência convencional, não controversa, estabelecida e fidedigna; as notícias dos *media* destacam a "ciência de fronteira", controversa, preliminar e em discussão (Zimmerman, Bisanz e Bisanz, 1999). Consequentemente, algumas concepções erróneas acerca da ciência partilhadas por uma parte substancial da população poderão estar a ser fortemente abaladas, nomeadamente: a) a concepção do desenvolvimento científico como um processo linear de simples acumulação de conhecimentos, sem crises, confrontos ou controvérsias; e b) a concepção de ciência como empreendimento socialmente neutro, ignorando as suas relações complexas com a tecnologia e a sociedade.

Actualmente, os meios de comunicação social (jornais, revistas, televisão, rádio e *Internet*) são considerados como as fontes de informação científica de mais fácil acesso para o público em geral (Lewenstein, 2001). Nelkin (1995) considera que "para a maioria das pessoas, a realidade da ciência é o que lêem na imprensa. Elas entendem a ciência menos pela experiência directa ou pela sua educação passada do que através do filtro da linguagem e do imaginário jornalísticos" (p. 2). Na sua opinião, os *media* representam o único contacto da maioria da população com as mudanças ocorridas nos campos científico e tecnológico e uma importante fonte de informação sobre as implicações sociais dessas mudanças. Até mesmo os cidadãos com uma carreira científica ou tecnológica são incapazes de acompanhar a literatura especializada de todas as áreas científicas, tendo que recorrer aos meios de comunicação social para se manterem informados acerca dos avanços científicos fora da sua área de especialização (Bauer, 1992). Contudo, por vezes, os *media* apresentam uma imagem sensacionalista, pouco rigorosa e estereotipada da ciência e dos cientistas (Nelkin, 1995). Muitos filmes de ficção descrevem a investigação científica como um empreendimento que cruza as fronteiras do admissível

(Weingart, Muhl e Pansegrau, 2003). Desde as histórias medievais sobre alquimistas, até aos filmes actuais sobre clonagem, as narrativas sobre cientistas raramente os retratam de forma positiva, traduzindo o receio do poder e da mudança inerentes à ciência e recorrendo a um número restrito de estereótipos: o alquimista diabólico; o cientista como herói e salvador da sociedade; o cientista louco; o investigador desumano e insensível; o cientista como aventureiro que transcende as fronteiras do espaço e do tempo; o cientista louco, mau, perigoso e pouco escrupuloso no exercício do poder; e o cientista incapaz de controlar o resultado do seu trabalho (Haynes, 2003). Existem evidências empíricas de que a utilização de metáforas de grande impacto na abordagem de questões sociocientíficas (nomeadamente, na área da biotecnologia, da genética molecular e das ciências médicas) e na descrição da actividade dos cientistas, afecta a confiança e as concepções da população relativamente à ciência e, conseqüentemente, a forma como os cidadãos entendem, pensam e actuam acerca de questões sociocientíficas (Liakopoulos, 2002).

Todos estes factos reforçam a necessidade das escolas promoverem a discussão de questões sociocientíficas controversas e, conseqüentemente, a discussão das concepções dos alunos acerca destes assuntos e das interacções entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. É que as concepções constituem um substrato conceptual fundamental ao pensamento e à acção, proporcionando meios de ver o mundo e de organizar os conceitos (Thompson, 1992). Daí, a extrema importância da escola procurar modificar concepções erróneas e/ou deturpadas sobre o empreendimento científico.

Diversos educadores em ciência têm argumentado no sentido da inclusão da discussão de questões sociocientíficas nos currículos de ciências em virtude das suas potencialidades na construção de uma imagem mais real e humana do empreendimento científico e na promoção da literacia científica indispensável a uma cidadania responsável no âmbito de processos decisórios relacionados com questões sociocientíficas (Kolstoe, 2001; Millar e Osborne, 1998; Monk e Dillon, 2000; Zeidler, 1984). Consideram que numa sociedade democrática saudável a avaliação pública da ciência requer a participação e o envolvimento do maior número possível de cidadãos na tomada de decisões acerca das opções apresentadas pela ciência contemporânea, o que só será possível através de uma compreensão do que é ciência e de como é produzida. Simultaneamente, existem evidências empíricas de que a discussão de questões sociocientíficas na sala de aula se revela extremamente útil quer na aprendizagem dos conteúdos, dos processos e da natureza da ciência e da tecnologia, quer no desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e ético dos alunos (Hammerich, 2000; Kolstoe, 2001; Reis, 1997; Sadler, 2004; Zeidler e Lewis, 2003).

No entanto, verifica-se que a realização destas actividades não constitui uma prática comum nas aulas de ciências. Muitos professores evitam a discussão de questões sociocientíficas por: a) medo de eventuais protestos dos encarregados de educação e de uma possível falta de controlo durante as discussões (Stradling, 1984); b) falta de capacidades de gestão de discussões

em sala de aula e dos conhecimentos necessários à discussão de questões sociocientíficas, nomeadamente, sobre a natureza da ciência e os aspectos sociológicos, políticos, éticos e económicos dos assuntos em causa (Levinson e Turner, 2001; Newton, 1999; Reis, 2004, 2008; Reis e Galvão, 2004, 2005; Simmons e Zeidler, 2003; Stradling, 1984); e c) constrangimentos impostos pelo excesso de conteúdos dos currículos de ciências (Levinson e Turner, 2001; Reis, 2004, 2008; Reis e Galvão, 2004) ou por sistemas de avaliação nacionais que não valorizam esse tipo de temas (McGinnis e Simmons, 1999; Newton, 1999; Reis, 2004, 2008; Reis e Galvão, 2004). Esta constatação salienta a importância e a relevância do estudo dos factores que condicionam positiva e negativamente a implementação de actividades de discussão de assuntos controversos nas aulas de ciências. A identificação e compreensão destes factores revelam-se decisivas para a concepção e implementação de processos de intervenção que auxiliem os professores a ultrapassarem estes constrangimentos e os apoiem no planeamento e na realização de actividades desta natureza.

### **Problema e metodologia**

Esta investigação qualitativa baseia-se em dois estudos de caso centrados em professoras de Biologia e Geologia do 11º ano de escolaridade, de duas escolas secundárias da mesma zona de Lisboa. Pretende compreender os factores que influenciam a realização de actividades de discussão de questões sociocientíficas controversas nas aulas de ciências naturais. Pretende, também, estudar o significado atribuído pelas professoras participantes às questões sociocientíficas recentes – divulgadas pelos meios de comunicação social – bem como a importância que as professoras atribuem à discussão destas questões nas suas aulas.

Ambas as professoras foram seleccionadas de um grupo que já tinha colaborado noutras investigações dos autores deste estudo. Estes dois casos foram seleccionados pelas suas características contrastantes. A opção pela disciplina de Biologia e Geologia do 11º ano resultou do facto de ter sido considerada, num estudo prévio (Reis, 2003; Reis e Galvão, 2004), a mais adequada à realização de actividades de discussão de questões sociocientíficas, dado o teor dos tópicos programáticos e o nível etário dos alunos (16-17 anos de idade). Os nomes originais das professoras foram substituídos por nomes fictícios, com o intuito de preservar a sua privacidade.

O estudo implicou o acompanhamento estreito do trabalho desenvolvido por cada uma das professoras na turma de Biologia e Geologia que leccionavam. Durante um ano lectivo, foram recolhidas informações diversas através de entrevistas semi-estruturadas, da observação directa de sequências de aulas e da análise de planos e materiais de ensino produzidos pelas participantes.

O objectivo principal da entrevista semi-estruturada consistiu na recolha de opiniões na linguagem do próprio sujeito, permitindo ao investigador o desenvolvimento intuitivo de uma ideia sobre a avaliação que os sujeitos fazem das controvérsias actuais relacionadas com questões científicas e

tecnológicas, bem como do ensino e da aprendizagem da disciplina de Biologia e Geologia. Durante o estudo foram realizadas três entrevistas semi-estruturadas a cada uma das professoras. A primeira entrevista (EP1) foi efectuada no início do ano escolar e procurou obter evidências das concepções das professoras sobre: a) a natureza do conhecimento científico e tecnológico; b) o ensino e a aprendizagem da Biologia e da Geologia; e c) questões controversas recentes em torno da ciência e da tecnologia. O seu guião procurou garantir a obtenção de informações relativas às seguintes dimensões de cada entrevistado: Percurso profissional; Características do contexto em que lecciona; Auto-conceito como professor de Ciências Naturais; Concepções sobre o ensino e a aprendizagem das Ciências Naturais; Concepções sobre a natureza da ciência e da tecnologia; e Concepções sobre questões controversas relacionadas com ciência e tecnologia. Os diferentes aspectos de cada uma destas dimensões foram explorados através de várias questões de resposta aberta incluídas no guião. A segunda entrevista (EP2) decorreu pouco tempo antes da observação da sequência de aulas e pretendeu promover a discussão sobre as finalidades, os objectivos e as actividades previstas para esse conjunto de aulas. A terceira entrevista (EP3) foi realizada após a observação das aulas e destinou-se a promover a reflexão sobre a sua implementação (resultados obtidos, dificuldades, sucessos, etc.). Os guiões utilizados nas entrevistas EP1 (desenvolvido num estudo prévio: Reis, 2003; Reis e Galvão, 2004) e EP2 (Anexo 1) procuraram garantir que os entrevistados abordassem os mesmos temas sem, no entanto, exigir uma ordem rígida nessa abordagem. A entrevista EP3 baseou-se num guião base (Anexo 2), centrado nas particularidades das aulas realizadas por cada uma das professoras e, como tal, adaptável a cada uma das realidades observadas.

Todas as entrevistas foram realizadas na escola, pelo investigador, num espaço sossegado e gravadas em áudio. Este registo permitiu o acesso posterior à totalidade do discurso.

A observação proporcionou o acesso directo às salas de aula, com o objectivo de se procurar conhecer como as professoras se comportam nesse contexto específico. Durante a investigação, foi observada a mesma sequência de aulas, planeada e implementada por cada professora participante sem quaisquer orientações ou comentários por parte do investigador. Esta sequência, com cerca de 14 aulas, centrou-se em tópicos programáticos (mitose, meiose e reprodução assexuada e sexuada) que, na opinião das professoras (expressa durante a entrevista EP1), permitem a abordagem de questões sociocientíficas como, por exemplo, a clonagem ou a engenharia genética. Pretendiam observar-se as estratégias utilizadas pelas professoras na abordagem destes tópicos e averiguar se, eventualmente, recorrem a actividades de discussão de questões sociocientíficas. Salienta-se o facto das professoras desconhecerem as razões que motivaram a observação dessas aulas específicas e os objectivos específicos do estudo: os investigadores apenas as informaram que pretendiam estudar o ensino das Ciências Naturais. Procurou-se, desta forma, não induzir a opção por determinada metodologia ou estratégia de sala de aula. A utilização combinada de observação e de

entrevistas proporcionou um conjunto de informação bastante rico sobre a forma como as professoras pensam e actuam, permitindo averiguar se as descrições dos entrevistados se referem à realidade das suas aulas ou a percepções gerais do que constitui uma boa prática.

Em virtude do seu teor naturalista, a observação não foi dirigida por um guião de observação rígido. Contudo, foi dada especial atenção às actividades propostas pelas professoras, às interacções estabelecidas e ao grau de envolvimento dos alunos durante a realização das mesmas. O investigador assumiu o papel de observador directo não participante.

As transcrições das entrevistas e as notas de campo foram submetidas a uma análise de conteúdo, através de um modelo de indução analítica (Bogdan e Biklen, 1992), que procurou extrair as concepções implícitas acerca dos vários aspectos em estudo. Trata-se de um tipo de análise que envolve a classificação dos elementos de significação, constitutivos de um texto, de acordo com determinadas categorias susceptíveis de introduzir ordem na aparente desordem dos dados em bruto. As categorias são definidas de acordo com o que se procura ou se espera encontrar, proporcionando uma representação simplificada e condensada dos dados brutos. O processo de construção de categorias, apesar de essencialmente intuitivo, é influenciado por diversos aspectos como, por exemplo, os objectivos e o enquadramento teórico do estudo, as concepções e os conhecimentos do investigador. Envolve a comparação das diferentes unidades de informação com o objectivo de se detectarem regularidades recorrentes entre os dados disponíveis. A leitura repetida e a análise aprofundada de cada um dos conjuntos de dados de investigação permitiram, numa primeira fase, a classificação dos elementos de significação de acordo com categorias definidas previamente e, numa segunda fase, a sua distribuição por subcategorias de natureza temática (ainda mais específicas) que emergiram durante este processo. De acordo com um processo de codificação indutiva, o conjunto das categorias foi sucessivamente redefinido de forma a permitir a acomodação de excertos que não se enquadravam nas classes já existentes.

A análise das várias fontes de informação foi efectuada colaborativamente pelos dois autores deste estudo. As diferentes interpretações e as poucas discrepâncias que emergiram durante o processo de classificação foram discutidas entre os dois investigadores.

## **Resultados**

### ***O caso de Cristina***

Cristina é professora de Biologia e Geologia há trinta e três anos. Afirma gostar de tal maneira da sua profissão que “não poderia ter escolhido outra coisa”. Considera que a sua melhor qualidade como professora é “o contacto fácil com os alunos”.

Depois de concluída a Licenciatura em Ciências Biológicas pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e o estágio pedagógico, exerceu a sua

profissão em vários pontos do país. No entanto, nos últimos vinte e dois anos tem trabalhado na mesma escola secundária em Lisboa.

O seu discurso e a sua prática revelam uma professora extremamente dinâmica e empenhada que gosta imenso da sua actividade profissional: “O que gosto mais de fazer é dar aulas. Portanto, o contacto com os alunos para mim é o mais importante.” (EP1) Ao longo do seu percurso profissional, leccionou todas as disciplinas do seu grupo disciplinar e foi orientadora de estágio, co-autora de quatro manuais escolares, directora de turma, coordenadora de departamento e responsável por vários projectos e clubes nas áreas do Ambiente, Saúde e Sexualidade.

Como momentos marcantes da sua actividade profissional, destaca o seu ano de estágio e os cursos para professores de Biologia frequentados na Fundação Calouste Gulbenkian:

“(…) [A orientadora de estágio] era uma pessoa excelente e uma belíssima professora, aprendi imenso com ela. (…) Fazíamos tudo à base da parte experimental, gostei muito de trabalhar dessa maneira. (…) Foi aí que eu vi como é que podia fazer aulas práticas de Geologia, de Biologia... tudo. Fizemos coisas lindíssimas no estágio.” (EP1)

“(…) os cursos da Gulbenkian [frequentados durante as férias] foram uma abertura de ideias. (…) Deixámos de ‘contar patas de aranha’ e começámos a encarar a Biologia de maneira diferente, completamente diferente. Começámos a utilizar metodologias activas (...) e introduzimos a vertente da discussão.” (EP3)

Admite que tanto o estágio como os referidos cursos foram decisivos na alteração da sua prática lectiva, fundamentalmente no que respeita à diversificação de estratégias de ensino e ao desenvolvimento do conhecimento didáctico necessário à sua utilização em sala de aula.

#### *Concepções sobre o conhecimento científico e tecnológico*

Cristina entende a ciência como um processo dinâmico, em constante evolução, que conduz ao crescimento exponencial do conhecimento através da discussão de diferentes ideias. À semelhança de vários autores, considera a abordagem de aspectos da história da ciência nas aulas – nomeadamente, a evolução de determinados conceitos científicos – importante na veiculação de uma imagem de ciência em constante construção (Matthews, 1994; Ziman, 1994). Na opinião desta professora, o empreendimento científico estabelece subtis e múltiplas interacções com a tecnologia e a sociedade, nomeadamente, determinando a evolução da tecnologia, afectando a vida dos cidadãos e sofrendo pressões da sociedade. Nas suas aulas, procura apresentar aos alunos esta intrincada teia de influências e a noção de que “os conhecimentos científicos são mutáveis, (...) que mudam ao longo dos tempos”.

Cristina entende a ciência e a tecnologia como empreendimentos humanos complexos que envolvem divergência de opiniões entre os seus agentes, divergência essa resultante de diferentes crenças e princípios. Acredita que as

questões sociocientíficas não podem ser resolvidas simplesmente numa base técnica pois envolvem outros aspectos: hierarquias de valores, conveniências pessoais, questões financeiras, pressões sociais, etc. Como exemplos de questões científicas ou tecnológicas marcadas pela controvérsia refere a engenharia genética, a utilização de embriões humanos em investigação, a clonagem e a fertilização *in vitro*. Concorda com a realização de investigação nestas áreas, atendendo às potencialidades que encerram para a melhoria da qualidade de vida da Humanidade. Contudo, adverte que as motivações dos cientistas nem sempre parecem ser as mais nobres e, por vezes, a sua ambição sobrepõe-se à ética. Logo, defende um acompanhamento da investigação científica por comissões de ética, constituídas por “especialistas de elevado nível científico e moral”, para impedir a realização de determinadas experiências como, por exemplo, a clonagem humana para fins reprodutivos. No entanto, admite e aceita a produção de órgãos específicos para transplante – por exemplo, “um fígado ou um coração” – a partir de embriões humanos:

“(…) nós sabemos que todos os cientistas deviam ser honestos no seu trabalho, mas nem todos o são. Um cientista que está a investigar uma linha investigativa de ponta, ele o que quer é avançar no seu trabalho, não se preocupando muito com os problemas de ética. (...) Acho que deviam ser autorizados alguns desses trabalhos, porque depois vão ter impactos significativos na humanidade. [Os cientistas] deviam era ser acompanhados para se ver o que está em causa. Não se deveria, por exemplo, fazer clones humanos: sou absolutamente contra! (...) Mas determinadas coisas como, por exemplo, a partir de um embrião poder fazer um fígado ou um coração para depois dar a um desgraçado que está a morrer, já aceito perfeitamente! Portanto, acho que deveriam ser seguidos por alguém que compreenda o que está em causa e tenha uma base ética forte.”

“Na investigação de ponta não se deve deixar cada um fazer o que quer, devia haver o mínimo de controlo porque ninguém sabe o que eles poderão fazer. [Esse controlo deveria ser exercido por especialistas] que estivessem já num determinado grau de maturidade suficiente para poderem avaliar o que está em causa.” (EP1)

Cristina, para além de reconhecer a necessidade de intervenção de comissões de especialistas no controlo da actividade científica e tecnológica, defende ainda a participação activa dos cidadãos neste processo. Consequentemente, uma das suas prioridades, como professora, consiste em preparar os seus alunos para um papel interventivo em processos decisórios relacionados com ciência e tecnologia.

#### *Concepções sobre o ensino da Biologia e da Geologia*

Cristina defende que o ensino da Biologia e da Geologia é extremamente importante para o futuro da sociedade. Acredita que a sobrevivência da espécie humana e a resolução dos inúmeros problemas ambientais que vão surgindo dependem de um ensino das ciências que promova a construção de conhecimentos científicos básicos e o desenvolvimento das capacidades

intelectuais dos alunos.

Considera que todos os cidadãos devem possuir um conhecimento científico mínimo sobre (1) a importância das funções biológicas e (2) o papel desempenhado por cada ser vivo (incluindo o ser humano) na manutenção da vida na Terra, pois crê que apenas através destes conhecimentos podem compreender os problemas que vão surgindo e decidir esclarecidamente: "Toda a gente tem direito a um conhecimento científico (...) para poder fundamentar as suas próprias escolhas, quer em termos pessoais quer em termos de comunidade." (EP1) Para tal, salienta não só a importância do ensino formal das ciências mas também da divulgação científica efectuada através dos meios de comunicação social:

"[Estes conhecimentos científicos obtêm-se] estudando, como é evidente, é a primeira coisa; por outro lado, se houvesse mais informação ao nível dos meios de comunicação, isso proporcionaria um conhecimento científico mínimo necessário para entender e fazer opções. Por exemplo, na altura das eleições saber escolher em quem votar. Estou a falar, por exemplo, dos conceitos ecológicos mínimos." (EP1)

Cristina acredita, ainda, que a participação dos cidadãos em processos decisórios na área da ciência e da tecnologia depende também do conhecimento da natureza destes empreendimentos e das suas interações com a sociedade. Para alcançar este objectivo, Cristina geralmente envolve os seus alunos em actividades de análise, discussão e tomada de decisões relativamente a questões sociocientíficas actuais. Nestas aulas dedica especial atenção às influências mútuas entre a ciência e a sociedade.

No conjunto das suas aulas propõe a realização de actividades práticas, fichas de trabalho e debates ou discussões sobre assuntos actuais, como forma de estimular a actividade intelectual dos alunos e de facilitar a compreensão dos conceitos envolvidos.

#### *Concepções sobre a discussão de assuntos controversos na sala de aula*

Segundo esta professora, o currículo não se limita à lista de tópicos, competindo ao professor gerir o currículo de forma a incluir a abordagem de temas, relacionados com as rubricas programáticas previstas, que possam interessar aos alunos e ser socialmente relevantes. Afirma que, no decurso do ano lectivo, aborda sempre vários assuntos controversos que considera actuais e indispensáveis à literacia científica dos alunos, sem deixar de "cumprir o programa". Desta forma, Cristina assume um papel de construtora de currículo (Roldão, 1999), transformando-o, constantemente, de acordo com as particularidades dos seus alunos e as aprendizagens consideradas socialmente relevantes. Contudo, à semelhança de estudos recentes (Levinson e Turner, 2001), constata que alguns professores de ciências manifestam relutância em abordar assuntos controversos, temendo que a discussão deste tipo de questões não seja bem vista pelos encarregados de educação.

"O professor pode levar, se quiser, a essa controvérsia. Em relação à reprodução (...), também não faz parte do programa o controlo da

natalidade e as doenças sexualmente transmissíveis que eu dou sempre extra-programa. E dentro do controlo da natalidade: o aborto, a utilização de embriões em investigação... É uma questão de gestão do programa. Mas há pessoas que têm medo de abordar esses assuntos.

No 11º ano, eu costumo fazer umas aulas sobre esses assuntos porque acho muito importante. Os alunos raramente sabem tanto como pensam.” (EP1)

Cristina não encara a discussão destes temas como uma perda de tempo. Pelo contrário, acredita que as actividades de discussão de assuntos controversos são bastante importantes, tanto para o conhecimento de questões científicas e tecnológicas actuais e relevantes para a vida, como para o desenvolvimento de capacidades de análise e discussão de informação indispensáveis a qualquer cidadão. Assim, propõe a realização de actividades de discussão sobre temáticas como a clonagem, o controlo da natalidade, a fertilização *in vitro* e as doenças sexualmente transmissíveis. A sua opinião acerca das potencialidades da discussão de assuntos controversos como estratégia de sala de aula revela, mais uma vez, a preocupação em promover, de forma integrada, a compreensão de conhecimentos e o desenvolvimento de capacidades intelectuais que considera imprescindíveis à literacia científica dos alunos.

À semelhança de alguns autores (Osborne e Young, 1998; Solomon e Thomas, 1999), esta professora considera que a abordagem destes assuntos facilita o estabelecimento de relações entre a ciência abordada na escola e as vivências quotidianas dos cidadãos. Logo, esforça-se constantemente por identificar pontos de contacto entre o currículo das disciplinas que lecciona e as questões sociocientíficas actuais mais relacionadas com os interesses e a vida quotidiana dos alunos.

#### *Prática de sala de aula*

O estudo envolveu a observação de uma sequência de 14 aulas planeada e implementada por Cristina. Este conjunto de aulas centrou-se em tópicos programáticos (reprodução assexuada e sexuada, ciclo celular, mitose e meiose) que, na opinião das professoras participantes (EP1), permitem a abordagem de questões controversas como, por exemplo, a clonagem ou a engenharia genética. A observação decorreu na única turma de Biologia e Geologia (11º ano) desta professora: uma turma constituída por 19 alunos, com os quais Cristina mantém uma “ótima relação”.

No conjunto das aulas assistidas, foi notória a preocupação de Cristina em diversificar estratégias e em evidenciar a relevância dos tópicos abordados, nomeadamente, através do estabelecimento de relações entre esses tópicos e alguns avanços científicos e tecnológicos actuais. As actividades realizadas implicaram o envolvimento activo dos alunos na observação de estruturas ou de fenómenos, na pesquisa de informação, na análise e discussão de questões sociocientíficas, na resolução de questionários e na apresentação de trabalhos. Outro aspecto relevante das aulas observadas foi o tipo de interacção verbal

estabelecido, precisamente porque não se limitou a uma recitação de tipo pergunta-resposta-avaliação, dominada pela professora. Em várias aulas, especialmente nas que envolveram discussão, o discurso foi dominado pelos alunos e Cristina remeteu-se a um papel de orientadora.

Para a sequência de aulas a observar, Cristina planeou um conjunto de actividades que, na sua opinião, permitia alcançar um objectivo duplo: (1) a aprendizagem de conceitos básicos de genética (mitose e meiose), indispensáveis à compreensão do processo reprodutor e hereditário; e (2) a “preparação dos alunos para a vida” e “para a tomada de decisões como cidadãos” através da promoção de capacidades de análise e discussão de temáticas actuais e socialmente relevantes:

“Eu gostaria de formar os alunos não só para terem alguns conhecimentos de Biologia, porque são fundamentais hoje em dia e para a sua vida também, mas para eles serem elementos úteis para a sociedade.” (EP3)

Para a concretização destes objectivos, e a partir dos recursos disponíveis, propôs um conjunto diversificado de actividades de sala de aula: observação de estruturas e fenómenos com instrumentos laboratoriais, discussões em grupo, realização de fichas de trabalho e projecção de programas multimédia. Na sua opinião, cada uma destas actividades permite atingir objectivos específicos e corresponder aos diferentes métodos de aprendizagem dos alunos. Acredita que a aprendizagem dos conceitos em questão, bastante abstractos, é facilitada pela observação das estruturas e dos fenómenos envolvidos e, por isso, recorreu a fotografias do manual escolar e privilegiou actividades de observação de: a) diferentes tipos de reprodução em exemplares de plantas com o auxílio de lupas binoculares; b) células em diferentes fases do ciclo celular através da utilização de microscópios; e c) animações do processo mitótico apresentadas numa projecção multimédia. A importância dos fenómenos em estudo foi ilustrada por exemplos relacionados com avanços científicos e tecnológicos actuais na área da cultura de tecidos, engenharia genética, terapia génica e clonagem.

Com o objectivo de “preparar os alunos para a vida” e promover a reflexão sobre a ciência e a tecnologia e as suas inter-relações com a sociedade, Cristina recorreu a duas actividades de discussão sobre um assunto controverso, bastante actual, relacionado com os conceitos em estudo: a clonagem. Com a primeira actividade, pretendeu que cada grupo de alunos reflectisse e construísse uma opinião crítica acerca das eventuais vantagens e desvantagens da clonagem de plantas e animais. Para tal, propôs a análise e a discussão de artigos publicados em jornais, em revistas e na *Internet*. Com a segunda actividade de discussão, procurou estimular a reflexão sobre as implicações (biológicas, sociais, éticas, etc.) da clonagem humana. Cada grupo de alunos construiu uma história sobre a clonagem de um ser humano, a partir de um cenário inicial comum apresentado num texto. Cristina tem a convicção de que estas actividades são aliciantes para os alunos e facilitam (1) a construção de conhecimentos, relevantes para a sua vida futura, e (2) o

desenvolvimento de capacidades de reflexão e de argumentação indispensáveis à sua participação e envolvimento em processos decisórios:

“Em relação às actividades sobre clonagem, o problema está na ordem do dia, e dá-lhes uma perspectiva da importância dos fenómenos que estudamos, para eles tomarem decisões como cidadãos, e isso acho que é fundamental. (...) O que interessa é terem material diversificado para eles poderem ter a sua opinião, fazer escolhas, opções... Porque nem tudo o que os jornais dizem é verdade...”

(...) Também é importante que eles se preparem para entrar em discussões. (...) Portanto, é importante o tema em si, mas também é importante outra coisa: que eles trabalhem em grupo sobre o tema para arranjam dados, para depois poderem argumentar (...) para começarem a esgrimir as suas ideias. Acho isso muito importante. Eu acho que é uma preparação para a vida, não propriamente só para a Biologia.” (EP3)

O entusiasmo da professora durante as várias actividades foi evidente e pareceu contagiar os alunos. O clima de sala de aula, afectivamente acolhedor e intelectualmente estimulante, facilitou a interacção entre os alunos e a professora. As aulas sobre clonagem decorreram de forma particularmente animada, tendo sido discutidos diversos assuntos: a) os tipos de clonagem; b) as possíveis aplicações da clonagem de plantas e animais; c) a eventual possibilidade da clonagem de assassinos e ditadores; d) o peso relativo da hereditariedade e do ambiente na definição do aspecto físico e da personalidade das pessoas; e) as implicações éticas da clonagem humana; f) a actividade dos cientistas; e g) o papel da comunidade científica, do estado e dos cidadãos no controlo da investigação. Nestas aulas, o entusiasmo de Cristina foi particularmente acentuado, tendo participado activamente nas discussões, pedindo esclarecimentos, apresentando informações, recapitulando argumentos e gerindo as intervenções dos alunos.

Pelas observações efectuadas, constata-se que a prática de Cristina inclui vários elementos identificados, pela literatura recente, como característicos de um bom ambiente de aprendizagem. De acordo com Simons, van der Linden e Duffy (2000), as competências (de carácter durável, flexível, funcional, significativo, generalizável e aplicável) exigidas pela sociedade actual requerem uma aprendizagem orientada pela pesquisa, contextualizada (com ligações nítidas à vida real), centrada em problemas e casos reais (favorecendo a contextualização e a motivação), socialmente construída (envolvendo interacções directas e indirectas com uma grande diversidade de pessoas) e motivada intrinsecamente (capaz de despertar o interesse dos alunos). Na opinião destes autores, a satisfação destas novas exigências só será possível através de uma aprendizagem mais activa e vivencial.

No final do conjunto de aulas observadas, Cristina sentia-se visivelmente satisfeita com a qualidade dos trabalhos e das interacções estabelecidas, o nível de compreensão dos fenómenos em estudo, as evidências do “desenvolvimento de uma atitude crítica relativamente às notícias” sobre

questões científicas e tecnológicas, o nível de reflexão sobre a construção e a evolução do conhecimento científico, e o grau de satisfação dos alunos. No entanto, considera que há sempre algo a melhorar e, na próxima oportunidade, gostaria de apresentar um filme ilustrativo da dinâmica da mitose e da meiose.

Durante o planeamento e a realização das aulas, Cristina revelou um conhecimento profissional considerável, nomeadamente no que respeita: a) às finalidades e objectivos para o ensino e a aprendizagem da Biologia e da Geologia; e b) à selecção e gestão das actividades mais adequadas à sua concretização com o seu grupo específico de alunos. No decurso das aulas, manifestou grande experiência e segurança na implementação dos diferentes tipos de actividade, gerindo o tempo de uma forma eficaz, antecipando-se às dificuldades, controlando comportamentos menos adequados, acompanhando e estimulando o trabalho dos alunos.

Ao longo das várias aulas, foi evidente o impacto das concepções de Cristina acerca da natureza, do ensino e da aprendizagem da ciência na sua prática de sala de aula. À semelhança de alguns resultados obtidos por Lederman (1999), a congruência entre as concepções desta professora e a sua prática de sala de aula parece ter sido fortemente influenciada pelos objectivos educacionais por ela definidos. Outro factor, decisivo para esta consistência, terá sido o tipo de formação inicial (estágio) e contínua (cursos da Fundação Calouste Gulbenkian), que lhe permitiu “aprender fazendo” (como ela própria preconiza) e lhe incultiu o gosto e a confiança na experiência constante de novas abordagens, metodologias e actividades de ensino. Conforme constataram Stofflett e Stoddart (1994), os professores que vivenciam abordagens activas de aprendizagem têm uma maior tendência a utilizarem este tipo de abordagem com os seus alunos.

As suas ideias sobre o empreendimento científico, nomeadamente acerca das suas relações com a tecnologia e a sociedade e do carácter provisório e dinâmico do conhecimento científico, reflectiram-se nas estratégias que propôs sobre a controvérsia da clonagem e na forma como conduziu a discussão dessa temática. Ao contrário de outros casos descritos pela investigação (Brickhouse, 1990; Duschl e Wright, 1989; Lederman e Zeidler, 1987), a extensão do currículo e a pressão para cobrir os conteúdos não impediram Cristina de abordar de forma explícita aspectos da natureza da ciência. Vários factores parecem ter contribuído para a elevada consistência entre as suas concepções acerca da natureza da ciência e a prática de sala de aula: a) a importância que atribui ao ensino destes aspectos; b) a sua intenção de abordar explicitamente esta temática; c) o nível de conhecimentos acerca da natureza da ciência e de estratégias necessários ao seu ensino; e d) a forma como desenvolve o currículo, adaptando-o às necessidades de cada turma, em particular, e da sociedade, em geral. Durante os últimos anos, algumas investigações têm revelado a importância de alguns destes factores como condicionantes da inclusão de aspectos da natureza da ciência nas aulas de ciências (Abd-El-Khalick, Bell e Lederman, 1998; Schwartz e Lederman, 2002).

No caso de Cristina, constatou-se ainda o impacto das suas concepções acerca do ensino e da aprendizagem das ciências na sua prática, nomeadamente: a) na diversificação de estratégias; b) na concepção e realização de actividades que exigiam uma participação activa dos alunos; c) na implementação de um ensino centrado no desenvolvimento de capacidades e na construção de conhecimentos relevantes para a vida; e d) no recurso a temas actuais e relevantes como ponto de partida para actividades de pesquisa e discussão sobre as potencialidades e limites do conhecimento científico e tecnológico.

### ***O Caso de Júlia***

Júlia é professora de Biologia e Geologia há vinte e quatro anos. Fala, com entusiasmo, do seu gosto pelo ensino e da óptima relação que mantém com os alunos. Acredita que “não conseguiria ter outra profissão”.

Como momento mais marcante do seu percurso profissional indica o “desafio” de leccionar pela primeira vez a disciplina de Biologia do 12º ano, com todo o estudo inerente. Desde a conclusão da sua Licenciatura em Biologia (Ramo Educacional) pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, apenas trabalhou em três escolas, todas na região de Lisboa. Júlia trabalha na mesma escola secundária há vinte anos.

Até ao presente, Júlia já leccionou a maioria das disciplinas do seu grupo disciplinar. No ano lectivo em que decorre o estudo, é responsável pela disciplina de Biologia e Geologia do 11º ano. Para além disso, desempenha os cargos de directora de turma e de delegada de grupo – funções que não aprecia porque requerem trabalho burocrático.

### *Concepções sobre o conhecimento científico e tecnológico*

Júlia entende a ciência, simultaneamente, como um processo de resolução de problemas que afectam a humanidade e como uma estrutura de conhecimento em constante transformação: “[A ciência é] uma procura de soluções. É uma estrutura dinâmica. Não tem carácter estático, porque aquilo que a gente sabe hoje, amanhã pode estar tudo alterado” (EP1). Acredita que a ciência evolui através da observação e da experimentação, constituindo um motor de progresso e de desenvolvimento.

Júlia pretende que os seus alunos construam uma ideia de ciência como um corpo dinâmico de conhecimentos, em constante transformação. Considera útil que os seus alunos se encontrem informados sobre as ideias actualmente aceites pela comunidade científica, pois acredita ser esta a chave para a compreensão do mundo e dos futuros avanços científicos.

Esta professora identifica algumas questões sociocientíficas actuais marcadas pela controvérsia, nomeadamente, a engenharia genética e a clonagem. Tem uma opinião bastante positiva acerca da investigação nestas áreas: pensa que as vantagens ultrapassam largamente os perigos e, por isso, não se devem impor quaisquer limitações à investigação. Aliás, numa visão bastante optimista da ciência, atribui-lhe o poder absoluto de traçar as suas

próprias linhas de investigação. E embora manifeste algumas dúvidas quanto à utilidade da clonagem humana para fins reprodutivos, acredita que “Vamos caminhar para isso!”:

“[Sobre a clonagem e a engenharia genética]: Acho que se deve ir até ao fundo da questão... Se isso resolve muitos problemas, porque não?

Até relativamente à pobreza em África. Eles [os cientistas] conseguirem culturas que se consigam desenvolver em terrenos pobres através da alteração genética.

Por exemplo, seria muito agradável tirar um gene mau de um embrião, e colocar lá um bom. A pessoa já não nasceria com tendência para diabetes ou com hemofilia. Portanto, se todas essas doenças genéticas pudessem ser retiradas do genoma humano, porque não?

Agora... fabricarem-se embriões humanos... Assim como se a pessoa fosse ao supermercado: ‘Olhe, eu quero um filho de olhos azuis, alto, inteligente, loirinho...’ Não sei para quê!” (EP1)

Afirma que todos os avanços científicos e tecnológicos, apesar de requererem algum cuidado, principalmente quando envolvem o ser humano, têm reforçado a sua imagem positiva da ciência e da tecnologia.

#### *Concepções sobre o ensino da Biologia e da Geologia*

Júlia considera as disciplinas de Ciências Naturais importantes para a construção de “uma visão global do mundo, daquilo que nos rodeia” que permita responder a questões do tipo: “Como é que isto acontece?”, “Porque é que isto é assim?”. Também tem esperança de que, mais tarde, esses “conceitos, ideias globais” possam vir a revelar a sua utilidade na compreensão de acontecimentos ou de notícias.

Nas suas próprias palavras, a aprendizagem consiste na “absorção de conhecimentos científicos”. Para alcançar este objectivo privilegia a exposição oral dos temas, acompanhada da realização de actividades práticas demonstrativas e da ilustração dos fenómenos ou dos conceitos em questão mediante a apresentação de videogramas, transparências ou diapositivos.

Adoptando um modelo essencialmente transmissivo, Júlia dedica pouco tempo à análise e discussão dos contextos e dos processos de produção e de validação da ciência. A opção de Júlia por esta metodologia foi fortemente influenciada pela sua experiência enquanto aluna. Recorre à metodologia que pensa ter resultado melhor consigo própria:

“Pura e simplesmente exposição oral, ou através de figuras, através de acetatos. (...) Utilizar uma abordagem teórica e prática. Para que através da prática possam absorver melhor aquilo que estão a absorver na teoria. (...) Para observarem aquilo de que se está a falar. Eu aprendi melhor assim...” (EP1)

Este comportamento parece ser comum entre os professores de ciências. Loucks-Horsley, Hewson, Love e Stiles (1998) consideram que as experiências

prévias dos professores funcionam como modelos extremamente poderosos para a sua prática. As suas experiências bem sucedidas, enquanto alunos, com formas de aprender ciências centradas na memorização de informação apresentada de forma expositiva, tendem a influenciar a sua actuação em sala de aula e a dificultar a adopção de metodologias distintas (Huibregtse, Korthagen e Wubbels, 1994).

Júlia também propôs, em dado momento do seu percurso profissional, a realização de trabalhos de grupo sobre tópicos do currículo. No entanto, o facto de não ter obtido os resultados pretendidos levou-a a abandonar esta abordagem metodológica:

“Também pode ser através de trabalhos de grupo. Embora eu não goste muito porque uns fazem uma coisa, outros fazem outra... (...) Não resulta porque aquele grupo só fica a saber aquela parte da matéria, o outro só fica a saber aquela parte, o outro só fica a saber aquela parte.” (EP1)

Quanto à aprendizagem, Júlia evidencia uma concepção baseada no desenvolvimento de automatismos (considerados necessários a um bom desempenho) através da repetição. Procura apoiar os seus alunos no desenvolvimento da capacidade de reprodução, o mais fiel possível, de respostas apontadas como correctas. Assim, esta professora envolve, constantemente, os seus alunos na realização de grande quantidade de questionários.

Para esta professora o currículo assume a forma de uma lista de conteúdos que devem ser abordados de forma exaustiva, sequencial e uniforme. A sua relação com currículo é essencialmente de execução, não assumindo uma postura de (re)construção curricular que facilite aos seus alunos a percepção da relevância e do interesse dos conteúdos abordados.

#### *Concepções sobre a discussão de assuntos controversos na sala de aula*

Júlia reconhece o interesse dos alunos relativamente a vários assuntos controversos relacionados com os tópicos “Reprodução Humana” e “Genética”, nomeadamente, os avanços científicos e tecnológicos na área da genética e a problemática em torno da SIDA. Considera que a discussão de questões sociocientíficas tem potencialidades no intercâmbio de conhecimentos sobre as temáticas em causa. Contudo, habitualmente, não promove a discussão destes temas por não integrarem as listas de conteúdos curriculares. Em anos anteriores, a abordagem de algum assunto controverso nas suas aulas consistiu na apresentação do tema seguida da discussão de dúvidas apresentadas pelos alunos. Não obstante, refere que alguns alunos estão bem informados sobre estas temáticas, o que permite a realização de discussões bastante interessantes.

O discurso de Júlia, centrado na sabedoria do professor, é pouco compatível com os pressupostos epistemológicos de uma discussão. Atribui ao professor um papel de emissor de um saber legitimado que não deve ser discutido ou posto em causa. Consequentemente, competirá mais aos alunos receber a informação do que discuti-la.

### *Prática de sala de aula*

À semelhança do sucedido na turma da outra professora participante no estudo, procedeu-se à observação das aulas nas quais Júlia abordou os processos de divisão celular e de reprodução de seres vivos. A observação decorreu ao longo de 15 aulas, numa turma de Biologia e Geologia, do 11º ano, constituída por 14 alunos.

No conjunto das aulas assistidas, verificou-se uma sobrevalorização dos conteúdos científicos, entendidos como um fim em si mesmo e ensinados sem grande referência à sua relevância ou ao contexto em que foram, ou são, produzidos. Ao contrário do previsto no currículo da disciplina de Biologia e Geologia, a professora preocupou-se, fundamentalmente, com a aprendizagem do conjunto de conhecimentos, remetendo para um plano bastante secundário a reflexão sobre a natureza da ciência e as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Na opinião de Júlia, o principal objectivo da sequência de aulas observada consistiu na “aquisição” de conhecimentos sobre os processos de reprodução e de crescimento dos seres vivos, nomeadamente, dos seres humanos. Para a concretização deste objectivo recorreu à apresentação dos vários conceitos e fenómenos (a partir de fotografias, esquemas e gráficos do manual escolar ou de um programa em vídeo), seguida da realização do que designou como “exercícios de aplicação”, que consistiam em conjuntos de perguntas, sobre conteúdos previamente abordados, ou na redacção de listas de definições. Acredita que os “exercícios de aplicação são extremamente importantes” para a compreensão e memorização dos conceitos, dois factores essenciais ao que considera ser o sucesso na disciplina de Biologia e Geologia: a obtenção de boas classificações nos testes e nos exames. Deste modo, estes “exercícios” representam uma parte considerável das actividades de sala de aula e a totalidade dos trabalhos de casa.

Tanto as actividades propostas como o discurso de Júlia denotam uma grande preocupação com a preparação dos alunos para testes sumativos e provas de exame com grande ênfase na memorização. Motiva frequentemente os alunos através de referências aos testes e aos exames do tipo “É muito comum este género de exercício nos testes” ou “Se eu colocar no teste esta pergunta, o que é que vocês respondem?”, focando a atenção no conteúdo a ser avaliado. Alguns autores têm alertado para o facto de as actividades propostas pelos professores nas suas aulas serem bastante influenciadas pelo tipo de itens e de tarefas geralmente incluídos nas provas de exame nacionais (Levinson e Turner, 2001; Lock, 2002; Millar e Osborne, 1998). Num sistema orientado pelo sucesso nos exames, os professores atribuem uma fraca prioridade a temas ou a actividades que não sejam incluídos nas provas. Consequentemente, a prática de sala de aula reflecte o teor dos testes centrados na memorização de factos e conceitos. A actuação desta professora constitui um exemplo da influência que os exames nacionais do final do ensino secundário, centrados fortemente na memorização, podem ter na definição e implementação das práticas de sala de aula.

Nas aulas observadas, as referências explícitas aos aspectos da natureza da ciência e à actividade dos cientistas foram reduzidas. O grande objectivo das actividades realizadas consistiu na aprendizagem de um conjunto de conhecimentos actualmente aceites pela comunidade científica, sem referência aos contextos ou aos processos que estiveram na sua génese. As ideias de Júlia acerca do empreendimento científico, nomeadamente sobre o carácter provisório e dinâmico do conhecimento científico, não tiveram reflexo na sua prática de sala de aula. Vários factores parecem ter contribuído para esta situação: a) a pressão para cobrir todos os conteúdos; b) o facto de não identificar a natureza da ciência como conteúdo programático; e c) a pouca importância atribuída pela professora ao ensino da natureza da ciência. Durante os últimos 15 anos, várias investigações têm evidenciado que as concepções dos professores acerca da natureza da ciência e a prática de sala de aula não se relacionam de uma forma simples, de tipo causa-efeito, existindo múltiplos factores que influenciam a consistência entre estes dois aspectos (Brickhouse e Bodner, 1992; Duschl e Wrigth, 1989; Schwartz e Lederman, 2002; Tobin e McRobbie, 1997).

Júlia revelou, ainda, dificuldades na discussão de questões sociocientíficas. Estas dificuldades foram particularmente evidentes numa aula durante a qual tentou promover uma discussão sobre a questão da clonagem. A falta de experiência na orientação de discussões levou à substituição da discussão por um processo de recitação, dominado pela professora, que restringiu a participação dos alunos a alguns comentários breves e a perguntas esporádicas sobre o tema. A falta de experiência dos alunos na participação numa discussão também foi evidente: todos queriam falar ao mesmo tempo. Júlia iniciou a actividade fazendo uma breve referência aos diferentes tipos de clonagem, às suas aplicações (por exemplo, na produção de insulina humana por bactérias) e aos eventuais riscos inerentes à clonagem animal. Seguidamente, com o objectivo de despoletar a discussão, leu um texto de ficção sobre uma sociedade imaginária vivendo num tempo futuro onde a engenharia genética e a clonagem, associadas a práticas eugénicas, seriam prática comum. No final, questionou os alunos sobre as potencialidades e os limites da clonagem e viu-se imediatamente confrontada com uma avalanche de perguntas e de comentários, nomeadamente sobre o enredo de filmes nos quais era abordada, de alguma forma, esta temática. Júlia procurou esclarecer algumas dúvidas, preocupando-se em estabelecer o limite entre a ficção e a realidade. No entanto, a sua dificuldade na gestão das intervenções dos alunos fez com que desse a actividade por concluída, vinte minutos após o seu início: "Já estamos conversados acerca deste assunto [clonagem]. Podíamos passar várias aulas a falar deste assunto, mas não é possível... Não faz parte do programa" (6ª Aula).

Dillon (1994) refere que a indisposição dos professores relativamente à discussão resulta, geralmente, da falta de experiência de discussão, da ausência de conhecimento sobre como conduzir este tipo de actividade e da preocupação com: a) o desperdício de tempo; b) a possibilidade de não se cobrir o currículo; c) a imaturidade dos alunos; d) a ocorrência de conflitos na

sala de aula; e e) a perda de direcção e de controlo do processo. No caso de Júlia, vários destes factores parecem ter contribuído para o insucesso de uma discussão potencialmente interessante sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. O facto de entender: (1) o currículo como um conjunto de conteúdos; (2) a interacção na sala de aula como recitação de tipo pergunta-resposta; e (3) o sucesso educativo como obtenção de classificações elevadas em testes e exames, levam-na a encarar a discussão como uma situação difícil de controlar, que desperdiça tempo e esforço, indispensáveis ao “cumprimento” do currículo.

No final do conjunto das aulas observadas, Júlia sentia-se satisfeita com os resultados obtidos. Destacou as óptimas classificações obtidas nos testes por alguns alunos e justificou as fracas classificações obtidas por outros alunos com a falta de interesse e de estudo: “Falta de interesse, muita falta de interesse, estão-se nas tintas... (...) Não estudam, pura e simplesmente não estudam” (EP3).

### ***Considerações finais***

Esta investigação permitiu constatar algum impacto de questões sociocientíficas divulgadas pelos media nas concepções das professoras acerca da natureza, ensino e aprendizagem da ciência. Contudo, existem diferenças consideráveis na forma como as duas professoras participantes neste estudo reagem a essas controvérsias.

As controvérsias actuais nas áreas da biotecnologia, da genética molecular e das ciências médicas parecem ter reforçado: a) uma concepção de ciência como empreendimento dinâmico, em constante evolução e controverso, com interacções múltiplas com a tecnologia e a sociedade; e b) a necessidade da escola e dos meios de comunicação social informarem os cidadãos acerca destas questões, nomeadamente das suas inúmeras implicações sociais.

Constata-se que as duas professoras possuem uma imagem bastante positiva da ciência e da tecnologia devida, fundamentalmente, ao seu papel como motores de progresso e desenvolvimento social. É evidente o seu deslumbramento por diversas inovações científicas e tecnológicas recentes, especialmente pelos avanços no conhecimento e nas técnicas de manipulação do genoma dos seres vivos. No entanto, as polémicas actuais em torno de várias questões sociocientíficas reforçam os receios de Cristina quanto a utilizações menos lícitas da ciência e da tecnologia, motivadas por valores e interesses de indivíduos ou grupos específicos. Consequentemente, defende o acompanhamento e o controlo da investigação por comissões de ética (pluridisciplinares, especializadas e de elevado nível científico e moral) e pelos cidadãos em geral. Nas suas aulas, esforça-se por desenvolver nos seus alunos conhecimentos e capacidades que considera indispensáveis à compreensão e avaliação dos empreendimentos científico e tecnológico. Pelo contrário, Júlia parece confiar numa investigação científica e tecnológica sem restrições, controlada pelos cientistas.

Com base nas controvérsias actuais em torno de questões científicas e

tecnológicas, tanto Cristina como Júlia recusam, peremptoriamente, o mito da pretensa objectividade e neutralidade da ciência, admitindo a influência de condicionalismos pessoais, sociais, institucionais, ambientais, culturais, éticos, económicos e políticos na actividade dos cientistas (bem evidentes nas questões sociocientíficas). Na opinião destas professoras, essas polémicas tão divulgadas pelos media resultam, essencialmente, da diversidade de valores e interesses da sociedade, em geral, e da comunidade científica, em particular.

Contudo, ao longo deste estudo, verificou-se que o grau de consistência entre as ideias destas professoras acerca do empreendimento científico (nomeadamente sobre o seu carácter provisório, dinâmico e controverso e as suas interacções com a tecnologia e a sociedade) e a sua prática de sala de aula foi bastante distinto. Júlia, apesar de reconhecer a dimensão controversa de algumas questões científicas e tecnológicas, veicula, através das suas práticas, uma imagem de ciência como empreendimento objectivo, desinteressado, meramente racional e desprovido de dúvida e de controvérsia. Determinada a cobrir de forma exaustiva os conteúdos programáticos e a auxiliar os seus alunos na obtenção de boas classificações nos exames, não aborda explicitamente aspectos processuais ou epistemológicos da ciência. A sua prática lectiva acaba por reflectir uma imagem de ciência como um conjunto de factos, termos, conceitos e teorias que compete aos cientistas produzir, aos professores "transmitir" e aos alunos memorizar. Desta forma, restringe o papel dos cidadãos à "absorção" de ciência, remetendo a tomada de decisões sobre questões científicas e tecnológicas para os cientistas: os "iniciados" na linguagem hermética e na actividade da ciência.

No caso de Cristina, constata-se que as suas concepções acerca da ciência orientam as suas práticas de sala de aula, apresentando a actividade científica como um empreendimento humano, complexo e dinâmico, envolvendo questões de valor e, conseqüentemente, controvérsia. Esta professora acredita que as questões sociocientíficas não se restringem a discussões técnicas, envolvendo outros aspectos (hierarquias de valores, conveniências pessoais, questões financeiras, pressões sociais, etc.) que motivam a divergência de opiniões entre especialistas. Conseqüentemente, reconhece a importância do envolvimento dos cidadãos na avaliação das potencialidades e limitações dos avanços científicos e tecnológicos e, portanto, procura preparar os seus alunos para essa tarefa. Para tal, recorre, frequentemente, a questões sociocientíficas actuais como pontos de partida para actividades de pesquisa, discussão e tomada de decisão acerca das potencialidades e limites do conhecimento científico e tecnológico. Sem deixar de abordar a totalidade dos tópicos programáticos, as práticas desta professora centram-se no desenvolvimento de capacidades e de conhecimentos relevantes para a vida.

Estes dois casos revelam, fundamentalmente, concepções distintas acerca do currículo. Num dos casos, emerge um conceito de currículo como programa ou normativo (ou seja, um conjunto de conteúdos e sugestões metodológicas a cumprir de forma exaustiva e sequencial), com as conseqüências inerentes (excesso de conteúdos, falta de tempo, necessidade de preparação para exames, orientação do ensino pelo manual escolar, entre outras). No outro

caso, evidencia-se uma concepção de currículo gerador de competências, que enfatiza as possibilidades dos professores gerirem os conteúdos e seleccionarem as experiências educativas de acordo com as características específicas dos alunos e dos contextos distintos onde trabalham. De acordo com esta última concepção, o professor assume-se como construtor de currículo (e não como mero consumidor/executor), mais preocupado com a forma de promover competências específicas, consideradas relevantes, do que com a extensão e os conteúdos curriculares.

Em ambos os casos, constata-se que a prática de sala de aula parece ser influenciada, essencialmente, pelas concepções das professoras acerca do currículo, do ensino e da aprendizagem das ciências, bem como pelos objectivos educacionais por elas próprias definidos. No primeiro caso, as acções são dominadas: a) por um conceito de currículo limitado à execução de directrizes; b) por uma concepção de aprendizagem das ciências associada à "absorção" de conteúdos, adquirida ao longo de muitos anos de escolaridade e actividade docente; e c) pelo objectivo educacional de auxiliar os alunos a obter classificações elevadas em testes e exames centrados na memorização. No segundo caso, as práticas lectivas são influenciadas: a) por uma relação com o currículo que admite níveis de decisão na sua adequação às necessidades da sociedade e dos contextos específicos de trabalho; e b) por uma concepção de educação científica centrada tanto na construção de conhecimentos como na promoção de capacidades e atitudes (necessárias à autonomia intelectual dos cidadãos e ao exercício da cidadania), mediante o envolvimento activo dos alunos num leque diversificado de actividades.

Verifica-se, também, que as opiniões favoráveis das professoras relativamente à realização de actividades de discussão de questões sociocientíficas nas aulas de ciências nem sempre têm impacto nas práticas de sala de aula. Diversos factores (inerentes ao próprio processo de discussão, ao professor, aos alunos e ao sistema educativo) dificultam a sua concretização:

1. O tipo de exame nacional proposto, com grande ênfase na memorização e fraca incidência em aspectos de natureza processual ou epistemológica da ciência, induzindo práticas de sala de aula pouco centradas na análise crítica e na discussão;
2. A reduzida experiência dos alunos na discussão em sala de aula e a conseqüente falta de competências para a realização desse tipo de actividade;
3. A falta de conhecimento didáctico relativamente à concepção e gestão de actividades de discussão, em geral, e de temas controversos, em particular.

No entanto, o nível de constrangimento imposto por estes factores varia entre as professoras. No caso de Cristina, as fortes convicções pessoais (relativamente à importância de uma abordagem explícita de aspectos processuais e epistemológicos da ciência), associadas à robustez do seu conhecimento didáctico, permitem ultrapassar estes obstáculos. As suas convicções e o seu conhecimento profissional conferem-lhe uma capacidade

notável de interpretar o currículo de forma a abordar os temas e a realizar as actividades que considera importantes e relevantes. A capacidade de flexibilizar o currículo de acordo com os objectivos de aprendizagem desejados e as particularidades dos contextos de trabalho, assume-se como um factor decisivo na realização de actividades de discussão de questões sociocientíficas.

Conforme refere Lederman (1992), não basta que os professores possuam uma visão filosófica e sociologicamente mais rica e reflexiva sobre a ciência e o trabalho do cientista, pois a coerência entre estas concepções e a prática de sala de aula é mediada por um conjunto diversificado e complexo de factores. Todos estes factores exigem uma atenção particular quando se pretende que a ciência seja retratada nas escolas de uma forma mais autêntica, reconhecendo as suas contribuições e as suas limitações e apresentando-a como um empreendimento humano. Unicamente através da sua compreensão e da definição de estratégias para ultrapassar esses factores será possível acalentar a esperança de uma educação científica mais real, humana e socialmente relevante.

### Referências bibliográficas

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. e Lederman, N. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82(4), 417-437.

Bauer, H. (1992). *Scientific literacy and the myth of the scientific method*. Urbana: University of Illinois Press.

Bogdan, R. e Biklen, S. (1992). *Qualitative research for education*. Boston: Allyn & Bacon.

Brickhouse, N. (1990). Teachers' beliefs about the nature of science and their relationship to classroom practice. *Journal of Teacher Education*, 41(3), 53-62.

Brickhouse, N. e Bodner, G. (1992). The beginning science teacher: Classroom narratives of convictions and constraints. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 471-485.

Dillon, J. (1994). *Using discussion in classrooms*. Buckingham: Open University Press.

Duschl, R. e Wrigth, E. (1989). A case study of high school teachers' decision making models for planning and teaching science. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 467-501.

Hammerich, P. (2000). Confronting students' conceptions of the nature of science with cooperative controversy. In W. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 127-136). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Haynes, R. (2003). From alchemy to artificial intelligence. *Public Understanding of Science*, 12(3), 243-254.

Huibregtse, I., Korthagen, F. e Wubbels, T. (1994). Physics teachers' conceptions of learning, teaching and professional development. *International Journal of Science Education*, 16(5), 539-561.

Kolstoe, S. (2001). Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education*, 85(3), 291-310.

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. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: Factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.

Lederman, N. e Zeidler, D. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: Do they really influence teaching behaviour? *Science Education*, 71, 721-734.

Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201-1224.

Levinson, R. e Turner, S. (2001). *The teaching of social and ethical issues in the school curriculum, arising from developments in biomedical research: a research study of teachers*. London: Institute of Education, University of London.

Lewenstein, B.V. (2001). Who produces science information for the public? In J. H. Falk (Ed.), *Free-choice science education: How we learn science outside of school* (pp. 21-43). New York: Teachers College Press.

Liakopoulos, M. (2002). Pandora's Box or panacea? Using metaphors to create the public representations of biotechnology. *Public Understanding of Science*, 11, 532.

Lock, R. (2002). Ethics and evidence. In J. Wallace & W. Louden (Eds.), *Dilemmas of science teaching: perspectives on problems of practice* (pp. 179-182). London: Routledge/Falmer.

Loucks-Horsley, S., Hewson, P., Love, N. e Stiles, K. (1998). *Designing professional development for teachers of science and mathematics*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Matthews, M. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.

McGinnis, J. e Simmons, P. (1999). Teachers' perspectives of teaching science-technology-society in local cultures: A socio-cultural analysis. *Science Education*, 83, 179-211.

Millar, R. (1997). Science education for democracy: What can the school curriculum achieve? In R. Levinson & J. Thomas (Eds.), *Science today: Problem*

or crisis? (pp. 87-101). London: Routledge.

Millar, R. e Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London: Kings College.

Monk, M. e Dillon, J. (2000). The nature of scientific knowledge. In R. Millar, J. Leach & J. Osborn (Eds.), *Good practice in science teaching: What research has to say* (pp. 72-87). Buckingham: Open University Press.

Nelkin, D. (Ed.) (1992). *Controversy: politics of technical decisions*. London: Sage Publications.

Nelkin, D. (1995). *Selling science: How the press covers science and technology*. New York: W. H. Freeman and Company.

Newton, P. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.

Osborne, J. e Young, A. (1998). The biological effects of ultra-violet radiation: A model for contemporary science education? *Journal of Biological Education*, 33(1), 10-15.

Reis, P. (1997). *A promoção do pensamento através da discussão dos novos avanços na área da biotecnologia e da genética*. Tese de Mestrado, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Educação. Em: <http://pwp.netcabo.pt/PedroRochaReis>

Reis, P. (2003). Os professores e a controvérsia em ciências. In A. Neto, J. Nico, J.C. Chouriço, P. Costa & P. Mendes (Org.), *Didácticas e metodologias da educação: Percursos e desafios* (pp. 723-731). Évora: Universidade de Évora, Departamento de Pedagogia e Educação.

Reis, P. (2004). *Controvérsias sócio-científicas: Discutir ou não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina de Ciências da Terra e da Vida*. Tese de Doutoramento em Didáctica das Ciências, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Educação.

Reis, P. (2008). *A escola e as controvérsias sociocientíficas: Perspectivas de alunos e professores*. Lisboa: Escolar Editora.

Reis, P. e Galvão, C. (2004). The impact of socio-scientific controversies in portuguese natural science teachers' conceptions and practices. *Research in Science Education*, 34(2), 153-171.

Reis, P. e Galvão, C. (2005). Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. Em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>

Roldão, M.C. (1999). *Gestão curricular: Fundamentos e práticas*. Lisboa: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica.

Sadler, T.D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.

Sadler, T. e Zeidler, D. (2004). The morality of socioscientific issues: construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88(1), 4-27.

Schwartz, R. e Lederman, N. (2002). "It's the nature of the beast": The influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 205-236.

Simons, R.J., Van der Linden, J. e Duffy, T. (2000). New learning: Three ways to learn in a new balance. In R.-J. Simons, J. van der Linden & T. Duffy (Eds.), *New learning* (pp. 1-20). Dordrecht: Kluwer.

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

Solomon, J. e Thomas, J. (1999). Science education for the public understanding of science. *Studies in Science Education*, 33, 61-90.

Stofflett, R. e Stoddart, T. (1994). The ability to understand and use conceptual change pedagogy as a function of prior content learning experience. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(1), 31-51.

Stradling, R. (1984). The teaching of controversial issues: an evaluation. *Educational Review*, 36(2), 121-129.

Thompson, A.G. (1992). Teachers' beliefs and conceptions: A synthesis of the research. In D.A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 127-146). New York: Macmillan Publishing Company.

Tobin, K. e McRobbie, C. (1997). Beliefs about the nature of science and the enacted science curriculum. *Science & Education*, 6, 331-354.

Weingart, P., Muhl, C. e Pansegrau, P. (2003). Of power maniacs and unethical geniuses. *Public Understanding of Science*, 12(3), 279-288.

Zeidler, D.L. (1984). Moral issues and social policy in science education: Closing the literacy gap. *Science Education*, 68, 411-419.

Zeidler, D. e Lewis, J. (2003). Unifying themes in moral reasoning on socioscientific issues and discourse. In D. L. Zeidler (Ed.), *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education* (pp. 289-306). Dordrecht: Kluwer Academic Press.

Ziman, J. (1994). The rationale of STS education is in the approach. In J. Solomon & G. Aikenhead (Ed.), *STS education: International perspectives on reform* (pp. 21-31). New York: Teachers College Press.

Zimmerman, C., Bisanz, G. e Bisanz, J. (1999). *What's in print, experts' advice, and students' need to know*. Comunicação apresentada no Encontro Anual da National Association for Research in Science Teaching (NARST), Boston (USA).

### **Anexo 1 – Guião da entrevista EP2**

1. Quais os objectivos/finalidades gerais da unidade?
2. Descreva as actividades previstas para a unidade.
3. Quais os objectivos de cada uma das actividades previstas?
4. Quais as razões que a levaram a seleccionar estas actividades em vez de outras?
5. Que dificuldades espera encontrar? Espera que os alunos tenham alguma dificuldade? Explique a sua resposta.

### **Anexo 2 – Guião da entrevista EP3**

1. Sente-se satisfeita com a forma como decorreram as aulas? Como avalia as aulas? As aulas decorreram conforme planeado? Os objectivos foram alcançados?
2. O comportamento/reacção dos alunos foi adequado(a)?
  - a. Se NÃO: Em que alturas? Por quê? Quais as causas?
  - b. Se SIM: Descreva o comportamento. Por que diz que foi adequado?
3. Da próxima vez que abordar estes temas fará algo de diferente? Por quê?  
Com que finalidade/objectivos realizou a actividade...?

Estes resultados chamam a atenção para a importância de iniciar este tema no Ensino Básico.