

**Artigos**  
*Articles*

# A argumentação sobre questões sociocientíficas: processos de construção e justificação do conhecimento em sala de aula<sup>1</sup>

Argumentation about socio-scientific issues:  
processes of knowledge construction and justification in the classroom

María Pilar Jiménez Aleixandre; Marta Federico Agraso<sup>2</sup>

## RESUMO

A construção do conhecimento científico é uma atividade epistêmica, em que são relevantes os critérios acerca dos quais o conhecimento é aceitável. Na perspectiva da cognição situada, a aprendizagem é contemplada não como aquisição individual do conhecimento, mas como um processo de participação social. Neste trabalho, apresentam-se resultados de pesquisas realizadas no marco do projeto RODA (Raciocínio, Discurso, Argumentação), na Universidade de Santiago de Compostela, em que se estuda o raciocínio argumentativo dos estudantes de escola secundária por meio de estudos em sala de aula. Presta-se especial atenção a essas operações de justificação de conhecimento no marco de tarefas relativas a questões sociocientíficas, como a gestão ambiental em um pântano ou a maré negra do *Prestige*. Discutem-se as condições no ambiente de aprendizagem que favorecem o raciocínio, o pensamento crítico e a tomada de decisões no marco da racionalidade crítica.

**Palavras-chave:** Argumentação; Sociocientífico; Epistêmico; Racionalidade Crítica

## ABSTRACT

The construction of scientific knowledge is an epistemic activity, for which the criteria about which knowledge is acceptable are of relevance. In the situated cognition perspective, learning is viewed not as acquiring individual knowledge, but as a process of social participation. This paper presents results of research carried in the RODA (Reasoning, Discourse, Argumentation), in the University of Santiago de Compostela, exploring the argumentative reasoning of secondary school students through classroom studies. This paper focuses in these knowledge justification practices in the context of tasks related to socio-scientific issues, such as environmental management in a wetland or the oil spill of the *Prestige*. The conditions in a learning environment that promote reasoning, critical thinking and decision making are discussed in the frame of critical rationality.

**Keywords:** Argumentation; Socio-scientific; Epistemic; Critical Thinking

<sup>1</sup> Versão reformulada de artigo apresentado no V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (V ENPEC), Bauru/2005. O trabalho foi financiado pelo MCYT, código BSO2002-04073-C02-02, e, parcialmente, com fundos FEDER.

<sup>2</sup> Professoras do Departamento de Didáctica das Ciências Experimentais, Universidade de Santiago de Compostela (Galícia, Espanha). E-mail: damaleix@usc.es

---

## 1. JUSTIFICAÇÃO, PRÁTICAS EPISTÊMICAS E ARGUMENTOS NO MARCO DA COGNIÇÃO SITUADA: PRESSUPOSTOS TEÓRICOS E OBJETIVOS DO ESTUDO

O objetivo central do projeto RODA (Raciocínio, Discurso, Argumentação), desenvolvido na Universidade de Santiago de Compostela desde 1994, é documentar os processos de raciocínio argumentativo dos estudantes de escola secundária por meio de estudos em sala de aula. Estudar os processos de argumentação é relevante para a aprendizagem das ciências, porque a construção do conhecimento científico abrange práticas de justificação, de basear as conclusões em provas. O relatório PISA (PISA, 2000) define assim a competência científica avaliada como sendo “a capacidade de usar o conhecimento científico para identificar questões e tirar conclusões baseadas em evidências, de modo a compreender e a ajudar na tomada de decisões sobre o mundo natural e as mudanças ocasionadas pelas atividades humanas” (p. 21). Em relação às ciências, estabelecem-se como habilidades importantes a capacidade de tirar conclusões apropriadas a partir de fatos e dados recebidos, de criticar os argumentos de outros, com base factual, e de distinguir entre uma mera opinião e uma afirmação sustentada por fatos. Em outras palavras, nessa avaliação internacional sobre a aprendizagem das ciências, essas competências definem-se não como aquisição declarativa de conceitos; mas em termos de aplicação da forma de pensar própria da ciência.

O nosso interesse centra-se nos processos de raciocínio mais que nos produtos, por acreditar que o estudo detalhado do discurso em sala de aula oferece a possibilidade de acrescentar o conhecimento da forma em que os alunos e alunas aprendem ciências. Nesse projeto, estuda-se o raciocínio argumentativo dos estudantes de escola secundária no contexto real em sala de aula e nos laboratórios de ciências; ou seja, por meio de estudos em sala de aula. A pesquisa de processos somente é possível por meio de estudos que envolvem a coleta de dados nos contextos reais em sala de aula durante períodos relativamente longos e não, como no caso de produtos, mediante respostas a questionários. A escassez de estudos longitudinais na literatura e as dificuldades de seguir uma turma durante vários anos em escola secundária (em que os alunos trocam de grupos em cada curso) levaram a um projeto de dois estudos de três anos de duração em escola primária

(Jiménez Aleixandre e López Rodríguez, 2001), um deles em curso. Por outro lado, a complexidade do tema levou a complementar as pesquisas em escola secundária através de um estudo em curso sobre a clonagem (Federico e Jiménez Aleixandre, 2005a), com dados de estudantes universitários.

O objetivo deste artigo é *documentar essas operações de justificação de conhecimento e analisar a qualidade da argumentação no marco de tarefas relativas a questões sociocientíficas*. Nesta seção, resumem-se os pressupostos teóricos da pesquisa, a justificação no marco da cognição situada; na segunda, abordam-se o enquadramento das questões sociocientíficas em sala de aula e algumas dimensões da argumentação sobre elas. Em terceiro lugar, apresentam-se a metodologia de pesquisa e, a seguir, alguns resultados de pesquisas levadas a cabo no marco do projeto RODA: argumentos sobre a gestão ambiental em um pântano, parte da pesquisa de doutorado de Cristina Pereiro (Jiménez Aleixandre e Pereiro Muñoz, 2002), e sobre a maré negra do *Prestige*, do trabalho de Marta Federico Agraso (Jiménez Aleixandre, Agraso e Eirexas, 2004; Federico Agraso e Jiménez Aleixandre, 2005b). Nas conclusões, discutem-se implicações do estudo relacionadas às condições no ambiente de aprendizagem que favorecem a argumentação e o pensamento crítico no marco da racionalidade crítica.

A teoria cognitiva atual supõe, como uma das suas idéias centrais, que a aprendizagem é um processo de construção do conhecimento, não de registro, que as pessoas utilizam o seu conhecimento anterior para construir o novo e que a aprendizagem está em sintonia com a situação em que tem lugar (Resnick, 1989). Lave e Wenger (1991) concebem a aprendizagem como uma participação crescente em comunidades de prática; em outras palavras, como uma *aprendizagem situada* em função da atividade, contexto e cultura nos quais ocorre. A aprendizagem é contemplada não como aquisição individual do conhecimento, mas como um processo de *participação social* em que o contexto e a natureza da situação têm grande influência. Pode-se dizer que, nessa perspectiva, os conhecimentos e habilidades não são independentes dos contextos – mentais, físicos ou sociais – em que são usados. A partir daí é que se propõe um ensino como enculturação dos estudantes na cultura da comunidade científica (Brown, Collins e Duguid, 1989) em que o conhecimento é considerado como uma caixa de ferramentas (*set of tools*) que não se compreendem por completo até serem usadas, enculturação denominada “aprendizado” (*apprenticeship*) cognitivo, por analogia com o dos aprendizes de um ofício. Os estudantes devem mergulhar na prática científica participando em tarefas projetadas como problemas *autênticos*.

Essa perspectiva que contempla a aprendizagem como participação social parte dos trabalhos de Vygotski (1979); pioneiros na consideração do papel da linguagem e das interações sociais na construção do conhecimento, apontam a necessidade de levar em conta os aspectos sociais quando se busca entender os processos na sala de aula (Mortimer, 2000). Para Mortimer e Scott (2003), a elaboração de significados e a compreensão são fundamentalmente processos dialógicos, e propõem que “se o objetivo do ensino é que os alunos desenvolvam uma compreensão de qualquer tema, então eles devem participar em alguma forma de atividade dialógica” (p. 69-70).

A construção do conhecimento científico é uma atividade epistêmica, em que são relevantes os *critérios* acerca de que conhecimento é aceitável. No modelo de aprendizado cognitivo, aprender ciências é ser aprendiz das práticas discursivas da comunidade científica. Segundo Duschl (1997), esse aprendizado epistêmico inclui critérios para avaliar conhecimentos e métodos. Sandoval e Morrison (2003) distinguem entre práticas *epistêmicas*, em que os estudantes participam na geração e avaliação do conhecimento, podendo, assim, avaliar hipóteses alternativas ou relacionar teorias com provas, e *epistemológicas*, relacionadas com a epistemologia ou teorias do conhecimento, por exemplo, as suas concepções sobre como se entende a atividade científica, o papel das teorias ou da experimentação. Nesse trabalho, abordam-se as primeiras práticas epistêmicas de justificação do conhecimento, consideradas como uma das dimensões da apropriação da linguagem científica (Lemke, 1997), da construção do discurso científico. Kelly (2005) define práticas epistêmicas como as formas específicas em que os membros de uma comunidade propõem, justificam, avaliam e legitimam enunciados de conhecimento (*knowledge claims*) num determinado marco disciplinar. Para Kelly e Duschl (2002), as práticas epistêmicas são centrais na produção, comunicação e apropriação do conhecimento e sugerem como questões a investigar no ensino das ciências a representação de dados, a persuasão dos pares e a observação desde um ponto de vista específico. Kelly e Duschl consideram que há um desequilíbrio no ensino das ciências entre as oportunidades fornecidas aos estudantes para utilizar instrumentos científicos e as oportunidades para desenvolver e usar linguagem científica que discrimine ou, em geral, de implicar-se em práticas discursivas. Essa dimensão epistêmica da aprendizagem das ciências que, como se indica acima, presta particular atenção ao relatório PISA, é considerada como uma

parte do letramento científico (Yore, Bisanz e Hand, 2003), relacionada com o uso, a avaliação e a crítica das provas. Leach, Hind e Ryder (2003), numa proposta que aborda a epistemologia da ciência em sala de aula, situam a argumentação entre essas práticas.

O conhecimento científico é diferente do de outros domínios, entre outros aspectos, porque os enunciados, conclusões, hipóteses ou teorias não constituem meras opiniões, mas devem estar sustentadas em provas, dados empíricos ou respaldo de natureza teórica. Essa justificação do conhecimento científico é também chamada *argumentação*, definida como a capacidade de relacionar dados e conclusões, de avaliar enunciados teóricos à luz de dados empíricos ou de outras fontes (Kuhn, 1993), como as formas em que as provas (ou evidências) são usadas no raciocínio (Kelly, Regev e Prothero, 2005). Kuhn (1992) propõe prestar atenção a esse aspecto da aprendizagem das ciências e não unicamente à exploração, e que a capacidade de emitir juízos sensatos seja considerada parte de “pensar bem”. Os fundamentos teóricos e metodológicos da argumentação discutem-se em outro trabalho (Jiménez Aleixandre e Díaz de Bustamente, 2003), e em seguida tratam-se alguns aspectos particulares da argumentação sobre questões sociocientíficas. O raciocínio argumentativo é relevante para o ensino das ciências, pois para construir modelos, explicações do mundo físico e natural e operar com eles, os estudantes precisam, além de aprender significativamente os conceitos implicados, desenvolver a capacidade de escolher entre distintas opções ou explicações e pensar os critérios que permitem avaliá-las. Esse é, portanto, um dos objetivos do ensino das ciências (Jiménez Aleixandre, Bugallo e Rodríguez Duschl, 2000), mas, como indica Kuhn (1992), o desenvolvimento de habilidades argumentativas não tem lugar em todos os contextos escolares.

## 2. A ARGUMENTAÇÃO SOBRE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS E A TEORIA CRÍTICA

A perspectiva sociocultural em psicologia contempla os processos sociais, escolares e mentais em relação ao seu contexto histórico e social. Desde a teoria crítica, as escolas são vistas como espaços criativos em que é possível realizar ações de resistência e transformação, exercícios de racionalidade crítica (Giroux, 1992). Devemos a Paulo Freire (1970) a idéia de educação problematizadora, um desvelamento da realidade encaminhado

ao compromisso social. No caso do ensino das ciências, isso leva a considerar o contexto social da ciência, superando a imagem de uma ciência neutra, imparcial e independente, dando lugar a outra ciência determinada em diversas formas pela sociedade em que se desenvolve. Isso significa que a ciência deve ser considerada, além de promotora de pesquisa da solução de problemas, ou de construção de conhecimento, como uma atividade humana e como uma construção social; orientação conhecida como C-T-S, ou Ciência – Tecnologia – Sociedade, proposta por Aikenhead (1985) e Gaskell (1982). Levar essa perspectiva à sala de aula implica, segundo Aikenhead, por um lado capacitar para a tomada de decisões, ressaltando que não é somente uma decisão que compete aos técnicos, mas a todos os cidadãos, e, por outro, o desenvolvimento do pensamento crítico. Por pensamento crítico entendemos a capacidade de desenvolver uma opinião independente, de refletir sobre a realidade e de participar dela (Jiménez Aleixandre *et al.*, 2004). A teoria crítica opõe esta *racionalidade crítica*, a capacidade de reflexão sobre as situações reais e de empreender ações para modificá-las, à racionalidade instrumental ou tendência a contemplar todos os problemas práticos como questões técnicas, o que leva à crença de que as soluções somente podem ser procuradas no plano técnico e, portanto, a supor que as pessoas carecem de controle sobre a realidade (Carr e Kemmis, 1988).

Aikenhead (1985) e Gaskell (1982) consideram que a apresentação da informação científica leva consigo juízos morais e políticos sobre, por exemplo, o que constitui uma interpretação aceitável das provas. Aikenhead assinala os valores éticos, ideológicos e culturais relacionados com o contexto social da ciência e propõe um espectro ou *continuum* de questões científicas, mais ou menos carregadas de valores (*value-laden*). Desde os anos 1980, a corrente C-T-S no ensino das ciências coloca, como um dos objetivos da educação científica, que os estudantes desenvolvam uma compreensão da interdependência entre ciência e sociedade. Sadler (2004) realizou uma revisão das pesquisas (em inglês) sobre raciocínio e argumentação em relação a questões sociocientíficas.

A solução de problemas sociocientíficos, a argumentação e a tomada de decisões sobre eles suscita a pergunta das diferenças com os problemas científicos mais convencionais; entre eles, que conhecimentos são necessários nesses temas. Consideramos que devem ser examinados, entre outros, quatro aspectos:

- 1) A *natureza* das questões ou dilemas sociocientíficos: por exemplo, essas questões costumam ser polêmicas (controvertidas) e interdisciplinares, precisando conhecimentos de distintas disciplinas ou domínios (incluindo às vezes dimensões éticas), estão definidas de forma mais difusa e podem ter mais de uma solução, ou as soluções podem apresentar vantagens e desvantagens.
- 2) As *pautas e estratégias de argumentação* dos estudantes sobre elas: semelhanças e diferenças com argumentos sobre questões científicas mais convencionais.
- 3) O *papel dos professores* nas atividades ou nos debates relacionados a elas: particularmente a questão da neutralidade.
- 4) Que ambientes de aprendizagem ou que métodos *favorecem* essa argumentação: por exemplo, se as habilidades de argumentação devem ser ensinadas.

Sobre a natureza dos dilemas sociocientíficos e os conhecimentos que requerem, Jiménez Aleixandre e Pereiro Muñoz(2002), discutindo o desenvolvimento de valores ambientais, indicam que os valores são uma base importante para emitir um juízo, mas que também é necessário o conhecimento conceitual, por exemplo, da ecologia, para poder comparar as vantagens e desvantagens das diferentes opções; os valores não podem desenvolver-se num vazio desconectado do conhecimento escolar. Essa perspectiva é complementar à de Sadler e Zeidler (2004) para quem as dimensões científicas não bastam, mas que devem ser levadas em conta as implicações sociais e morais das decisões relacionadas com a pesquisa científica. No seu estudo, Sadler, Chambers e Zeidler (2004) mostram que os estudantes confiam mais nas informações, provas e dados que confirmam as suas crenças (preconceito de confirmação). Jiménez Aleixandre *et al.* (2004) assinalam que, para decidir entre predições sobre a maré negra, é necessário apelar para conhecimentos tais como conceitos científicos sobre densidade, flutuação e degradação, mas também envolve contrastar hierarquias de valores ambientais frente a valores econômicos (necessidade ou não de custosas barreiras antipoluição), avaliar decisões políticas (como afastar o barco da costa), considerar aspectos afetivos (como a identificação dos galegos e galegas com a paisagem da beira-mar), e mesmo situar o acidente no marco de questões globais como a dependência do petróleo.

A argumentação dos estudantes sobre dilemas sociocientíficos apresenta algumas características particulares, além da resistência a abandonar as crenças, mostrada por Sadler *et al.* (2004), por exemplo, os argumentos combinam justificações de distintos campos, como ocorre na avaliação da gestão ambiental de um pântano (Pereiro Muñoz, 2001; Jiménez Aleixandre e Pereiro Muñoz, 2002) de ecologia, de caráter técnico (características técnicas do projeto avaliado) e de impacto na paisagem. Os estudantes com conhecimentos conceituais mais sólidos mostram um raciocínio de melhor qualidade (Sadler e Zeidler, 2005). Em um debate sobre peixes transgênicos, Simonneaux (2000) mostra que os campos disciplinares em que se apóiam os argumentos são ciência, economia, ecologia, política e medicina, uma vez que estavam ausentes aspectos legais, éticos e genéticos. Outro aspecto importante é a influência da mídia e dos debates públicos na argumentação dos estudantes, e as dificuldades para que possam construir o seu próprio discurso. Kelly *et al.* (2005) comparam argumentos em relatórios de 15 estudantes universitários sobre tectônica de placas e sobre a mudança climática, com o resultado de que os argumentos sobre geologia apresentam melhor qualidade que os ambientais e utilizam mais dados.

Em relação ao papel dos professores e os ambientes de aprendizagem, a posição dos professores nesses debates é abordada por Simonneaux e Simonneaux (2004) que discutem quatro possíveis posturas: neutralidade, parcialidade, imparcialidade neutra e imparcialidade comprometida, sendo esta última a que o docente dá o seu ponto de vista promovendo a tempo a competência entre distintas posições. Esses autores também apresentam os resultados de treinar os estudantes fazendo com que pratiquem a análise interdiscursiva, mostrando que a argumentação do grupo experimental foi mais sofisticada. Com o objetivo de andaimar a escrita de argumentos pelos estudantes, Kelly *et al.* (2005) descrevem em seu estudo um conjunto de práticas e instrumentos projetados para ajudar no processo de escrita dos relatórios. No projeto RODA, não se desenha uma instrução explícita da argumentação, e pretende-se promovê-la por meio de um ambiente que favoreça o diálogo e de tarefas planejadas como problemas autênticos (Jiménez Aleixandre e Díaz de Bustamante, 2003).

### 3. METODOLOGIA, AMBIENTE DE APRENDIZAGEM, PARTICIPANTES, ANÁLISE

As pesquisas objeto deste trabalho foram levadas a cabo em salas de aula de escola secundária, correspondentes ao último e penúltimo cursos de

Bacharelado (idade 16 a 18 anos). Dois grupos completos (36 e 23 estudantes, respectivamente) participaram nas tarefas, como parte das matérias de Ciências cursadas com as suas professoras. A de Cristina Pereiro é pesquisação, em que a pesquisadora é a mesma professora, e os dados foram coletados durante uma unidade didática ao longo de dezessete sessões durante um mês e meio. A de Marta F. Agraso realizou-se no contexto de uma unidade sobre os combustíveis fósseis no mesmo período em que estava ocorrendo a “maré preta” do *Prestige*, e os dados apresentados aqui correspondem somente a uma tarefa de análise de notícias da imprensa.

O ambiente de aprendizagem implica que os estudantes participaram em tarefas desenhadas como problemas *autênticos*. Essas são tarefas que: 1) têm caráter problemático (ou seja, não há uma solução óbvia); 2) caráter aberto, ou seja, mais de uma solução possível e distintos caminhos para chegar a ela; 3) contexto real, ou seja, os estudantes podem percebê-lo como relevante para as suas vidas; e 4) que o trabalho para resolvê-lo seja coerente com a forma de trabalhar da comunidade científica, através de dados para sustentar enunciados, justificando as hipóteses etc. Nesses dois casos, os problemas não somente eram autênticos, mas reais; e no segundo, o vertido do *Prestige*, de grande impacto midiático e social e que supunha uma implicação afetiva dos estudantes, que participavam nesse momento da limpeza das praias e das mobilizações sociais.

A coleta de dados realizou-se combinando a gravação em vídeo e áudio das aulas e dos estudantes trabalhando em pequeno grupo, recolhendo os relatórios escritos e outros produtos dos estudantes e por meio das notas de campo de observadores. A análise qualitativa realizou-se mediante os esquemas de argumentação de Toulmin (1958) e Walton (1996), que se detalham em Jiménez Aleixandre e Díaz de Bustamante(2003).

#### 4. RESULTADOS: AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL – DOMÍNIOS CONCEITUAL E AXIOLÓGICO

A análise dos argumentos sobre a gestão ambiental em um pantanal faz parte da pesquisa de doutorado de Cristina Pereiro (Jiménez Aleixandre, 2001; Pereiro Muñoz 2001). Os estudantes, pertencentes à turma de estudos noturnos (em que a idade não era de 16-17 anos, como é a média nesse nível, mas de 17 a 21), trabalharam durante um mês e meio na unidade didática “O tubo de Budinho”. Solicitou-se, por meio de uma carta fictícia

do departamento de meio ambiente, que elaborassem em equipes um relatório sobre a conveniência ou não da construção de uma rede de saneamento, tubulações (o “tubo”) em um pântano de alto valor ecológico. A questão real, que na época era objeto de controvérsia nos jornais, foi escolhida por apresentar tanto aspectos positivos, eliminar a elevada poluição do rio Louro, quanto aspectos negativos, relacionados com as obras de instalação ao soterrar 90 quilômetros de tubos de quase dois metros de diâmetro sob uma lagoa e canalizar a água, causando, portanto, a alteração irreversível de um hábitat muito frágil e pondo em perigo espécies de aves e plantas insetívoras pouco freqüentes. A avaliação do relatório, utilizando os documentos reais, devia ser justificada, e no caso de ser negativa, solicitava-se que propusessem uma alternativa.

Ainda que o objeto deste trabalho não seja a análise da ação docente, um resumo de algumas das suas dimensões, apresentado em Aznar e Pereiro (1999) pode ser exposto: em primeiro lugar, desenhar a unidade a partir de um problema autêntico; e, em segundo, atender à motivação dos estudantes que deviam agir com autonomia, sendo responsáveis por seu próprio trabalho, o que foi caracterizado como: ser protagonistas da sua aprendizagem ou produtores de conhecimento (Jiménez Aleixandre e Pereiro Muñoz, 2002). A tarefa não consistia em solucionar o problema localizando respostas elaboradas na documentação disponível, mas em elaborar as respostas articulando dados de distintas fontes. O papel da professora foi o de orientar e mediar, enquadrar a tarefa, ajudar a ultrapassar obstáculos. As sessões preliminares da unidade envolviam a reformulação do problema e a elaboração de uma lista de aspectos que era preciso levar em conta para chegar a uma solução. A distribuição dos estudantes em equipes e a reconstituição das equipes para favorecer uma participação mais equilibrada faziam parte das estratégias utilizadas. As práticas de argumentação foram sustentadas ao requerer que tanto as conclusões parciais como a opção adotada fossem pensadas e justificadas. A forma como a professora encoraja essa reflexão pode observar-se, por exemplo, nas transcrições reproduzidas em Jiménez Aleixandre e Pereiro Muñoz (2002).

Em relação às *pautas de argumentação*, o desenho do problema que não tem uma única solução satisfatória originou uma variedade de respostas: uma equipe (J3) fez uma avaliação positiva; e cinco equipes, avaliações negativas, das quais três propuseram traçados alternativos, por exemplo (J2), desviado ao Oeste para respeitar a lagoa. Das outras duas equipes, uma (J1)

propôs colocar as depuradoras perto das fábricas; e outra, uma alternativa menos definida. Na Figura 1, representa-se um argumento do grupo J1 durante as duas últimas sessões.

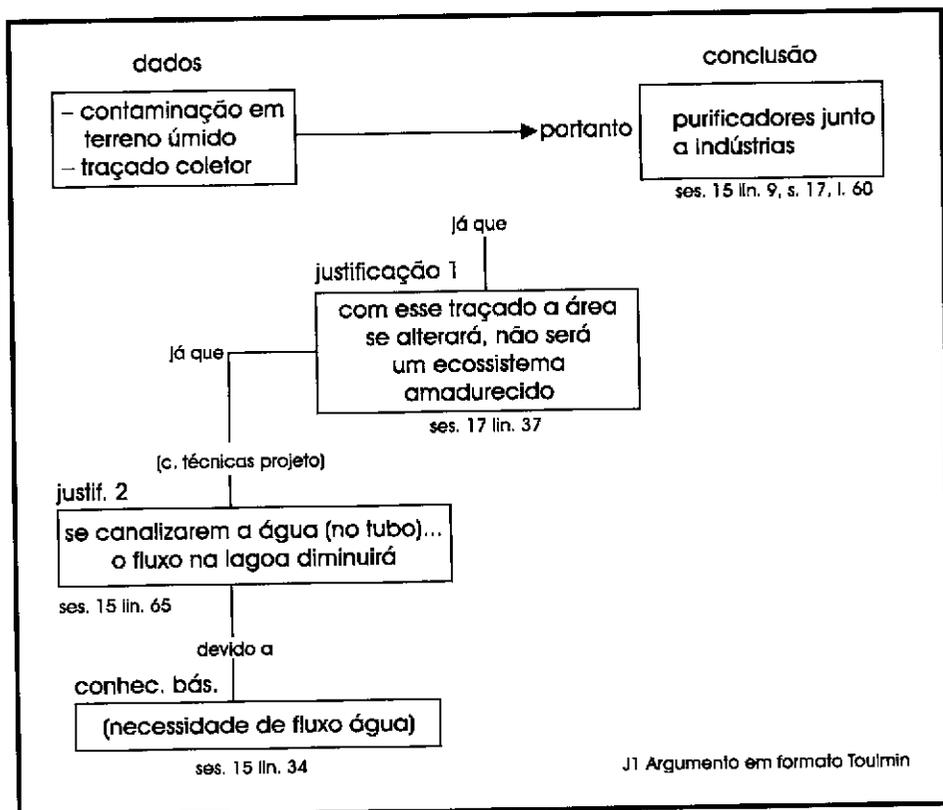


Figura 1 – Argumento do Grupo J1 em formato de Toulmin

Em relação aos *domínios das justificações*: as justificações das seis equipes foram classificadas de acordo com os distintos domínios conceituais ou axiológicos (valores), com os resultados que se resumem na Tabela 1, onde “não” representa uma avaliação negativa e “sim” uma avaliação positiva da instalação da tubulação sanitária com o desenho previsto.

Tabela 1  
Justificações dos 6 grupos

Conclusão e alternativa	Justificações
Não, desviado ao oeste, J2	E: preservar o ecossistema, tempo de recuperação, poluição T: tubos enterrados V: valor ecológico e histórico
Não, trajetória diferente, não especificada, J4	E: destruição ecossistema, dano a plantas e animais, alteração cadeia alimentar, poluição T: tubos enterrados, traçado através do pantanal
Não, trajetória diferente, não especificada, J6	E: evitar dano ao pantanal, alteração do hábitat, poluição T: tubos enterrados I: valor estético da paisagem
Não, depuradoras perto de indústrias, J1	E: dano a animais, o ecossistema não chegará a ser maduro, poluição, diminuição caudal de água T: tubos enterrados, água canalizada
Não, solução diferente, J5	E: dano à biodiversidade, destruição de hábitats, poluição T: tubos enterrados, T: ausência de medidas para repovoar V: status de área protegida
Sim, construir tubulação com o mesmo traçado, J3	E: poluição T: tubos enterrados, possível recuperação V: razões econômicas: dinheiro; os especialistas sabem mais

E: ecologia; I: impacto sobre a paisagem; T: características técnicas do projeto; V: valores.

Para avaliar a *qualidade dos argumentos* compararam-se os dos estudantes com os de dois especialistas, o engenheiro redator do projeto e o presidente da associação ecologista "Erva", que aceitaram ser entrevistados. O objetivo dessa comparação é explorar em que medida os estudantes, num contexto de resolução de problemas, são capazes de atuar como produtores de conhecimento. Os distintos grupos apóiam as suas diferentes alternativas em grande número de conceitos, não somente os mais óbvios como as aves ou a poluição, mas também outros menos imediatos como a maturidade do ecossistema, a necessidade de um aporte regular de água, o impacto das obras ou as características técnicas do projeto etc. Em geral, são de conteúdo similar às usadas pelo especialista (Jiménez Aleixandre e Pereiro Muñoz, 2002), ainda que possam diferir no peso que se estabelece para cada uma no conjunto do argumento.

A respeito das características técnicas, tanto os alunos e alunas como o especialista mencionam o traçado do coletor e o fato de que os tubos sejam enterrados, assim como a instalação de depuradoras. A escolha entre uma ou várias depuradoras assim como o traçado definitivo, que atravessa a lagoa e causa mais danos comparado ao primeiro traçado, ao que fazem referência os alunos da equipe J2, parecem condicionados ao custo

econômico, já que o traçado original, que rodeava a lagoa e envolvia a instalação de uma estação de bombeio, era mais caro.

## 5. RESULTADOS: AVALIAÇÃO DAS PREDIÇÕES DOS ESPECIALISTAS – HÁ MARÉ NEGRA?

A análise dos argumentos dos estudantes de escola secundária de Bacharelado (17-18 anos) sobre a maré negra do *Prestige* é fruto da pesquisa de Marta Federico Agraso (2004), fazendo parte de um trabalho mais extenso sobre a argumentação e as práticas epistêmicas em questões sociocientíficas, que inclui um estudo em curso sobre os dilemas suscitados pela engenharia genética e a clonagem. No estudo aqui apresentado, os participantes são um grupo completo de 23 estudantes (20 moças, 3 rapazes) que cursavam a matéria de Ciências da Terra e do Meio Ambiente, da qual faz parte a unidade sobre o petróleo e os combustíveis fósseis que, distinta da anterior, foi projetada pela professora sem intervenção da equipe de pesquisadoras, exceto na tarefa analisada. A unidade compreendia provas escritas sobre os seus conhecimentos prévios acerca do óleo diesel e vertidos de petróleo, e instrução sobre o petróleo e os seus usos na produção de energia. Também visitaram a costa danificada pelo vertido e fizeram parte da limpeza das praias. A atividade analisada é um debate, ocorrido na última semana de janeiro de 2003, em que a maré negra ainda estava chegando à costa galega. Os estudantes distribuídos em 6 grupos de quatro (um de três) debateram sobre notícias aparecidas na imprensa naquele mês, que constituíam uma controvérsia entre especialistas sobre a possibilidade de degradação do óleo diesel antes de chegar à costa e, no fundo, sobre a existência ou não da maré negra que, na ocasião, era negada pelo governo.

Em relação à forma como a professora sustentava as práticas argumentativas, cabe indicar que um dos seus objetivos era promover o desenvolvimento do pensamento crítico, da capacidade de chegar a construir as suas próprias idéias e de distinguir entre meras opiniões e conclusões sustentadas por dados. Para esse fim, a atividade de contrastar duas predições opostas resultava adequada.

Cumprir situar a tarefa no seu contexto histórico. O vertido do *Prestige*, a partir de 13 de novembro de 2002, é o mais grave sofrido na costa galega, com 64.000 toneladas derramadas; o quinto em três décadas, depois dos do *Polycommander* (1970), *Urquiola* (1976), *Andros Patria* (1978) e *Aegean Sea*

(1992). Além da quantidade, a extensão com 900 dos 1.121 km do litoral galego afetados (no total mais de 2.000 km) e os seus efeitos sobre organismos e bancos pesqueiros fazem dela uma das catástrofes ambientais mais graves da Europa. As imagens das praias manchadas onde os voluntários caminhavam submergidos no óleo até os joelhos afetaram intensamente a sociedade galega.

A tarefa: entregaram-se aos estudantes duas páginas de jornal: uma de *O Correo Galego* CG, que sustentava a posição do governo; e outra de *La Voz de Galicia* VG, jornal que realizou uma ampla cobertura da maré negra. CG reproduzia as declarações de Kathy Scanzel, identificada como “bióloga, membro de ITOPF” e assessora do governo galego, que afirmava que o óleo procedente do barco afundado não alcançaria a costa, porque a metade se evaporaria e a outra parte se romperia em pequenas gotas que seriam degradadas pelos microorganismos. VG reproduzia as afirmações de Guy Herrouin, porta-voz do IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer), equivalente ao Instituto Oceanográfico, e coordenador das operações do submarino *Nautile* no lugar do acidente. Herrouin negava que o combustível se evaporasse e o jornal incluía também opiniões aportadas por outros cientistas que afirmavam que somente 5% do combustível era volátil e que as análises de laboratório mostravam uma biodegradação de 12% em um mês. O jornal CG não informava o que era o ITOPF e podia entender-se que se tratava de um instituto oceanográfico de pesquisa; mas buscando no site desse organismo, verificamos que se trata da Federação Internacional de Poluição dos Proprietários de Petroleiros (*International Tanker Owners Pollution Federation*), tradução das siglas que foi compartilhada com os estudantes. Solicitou-se que resumissem a conclusão de cada um dos especialistas e as razões em que se fundamentavam, e que dessem a sua opinião sobre o tema, indicando os dados ou razões em que se apoiavam.

O objetivo do estudo era examinar como os estudantes de Bacharelado interpretam uma questão científica filtrada pelos jornais, em particular:

- identificar as justificações empregadas por eles ao contrastar predições de especialistas sobre a maré negra. Na realidade, distinguem-se conclusões de justificações e os critérios que guiam a sua escolha entre ambas.
- examinar como avaliam a autoridade dos especialistas, que peso atribuem aos dados empíricos: em que medida era reconhecido o

status de especialista e em que medida os estudantes chegaram a considerar que eles mesmos eram especialistas capazes de participar na tomada de decisões.

As discussões dos grupos foram gravadas em áudio e os seus relatórios escritos foram recolhidos, além de contar com as notas de dois observadores.

Distinguem *conclusão de justificação*? Estabeleceram-se quatro níveis para a distinção entre conclusões e justificações. Os resultados são diferentes para os dois jornais (Tabela 2).

**Tabela 2**  
**Categorias para a análise dos enunciados dos especialistas por parte dos estudantes**

Nível	Descrição N = 23
4	Distinguem entre conclusão e justificação e mencionam três ou duas justificações: CG 11, VG 5
3	Distinguem entre conclusão e justificação e mencionam uma justificação: CG 8, VG 5
2	Identificam a conclusão, mas não a conectam com as justificações: CG 5, VG 10
1	Confundem conclusão e justificação: CG 1, VG 3

Essa diferença, provavelmente, está relacionada com o formato dos dois textos; no CG, fazia-se mais facilmente a atribuição da fonte, já que no VG eram vários os autores. Por outro lado, na literatura há outros casos de dificuldades na regulação da compreensão leitora. Dois exemplos de distintos níveis nos relatórios escritos ilustram a análise:

Nível 4, Fani: “la conclusión de Scanzel es que el fuel que aún vierte el Prestige no va a llegar a la costa si las condiciones actuales no cambian. Las principales razones son: parte del fuel que sale se evapora y otra parte se rompe en pequeñas gotas que forman irisaciones, que son destruidas por microorganismos.”

Nível 1, Andrés: “la conclusión de Kathy Scanzel es la expansión del fuel al llegar a la superficie, de manera que se forman capas muy finas, que son rápidamente degradadas.”

Que *critérios* guiam a escolha? Além da distinção entre conclusão e justificação, levamos em conta o número (de 3 a 0) e tipo de justificações: magnitude do vertido, evaporação, degradação, apelo à experiência. A avaliação da confiabilidade das fontes não foi solicitada, mas sim realizada por todos os grupos, apelando para o *status* de especialista e para a

consistência com as provas. Um exemplo é o argumento de Antón, argumento subseqüente (a justificação é outro argumento) de alta complexidade, representado na Figura 2.

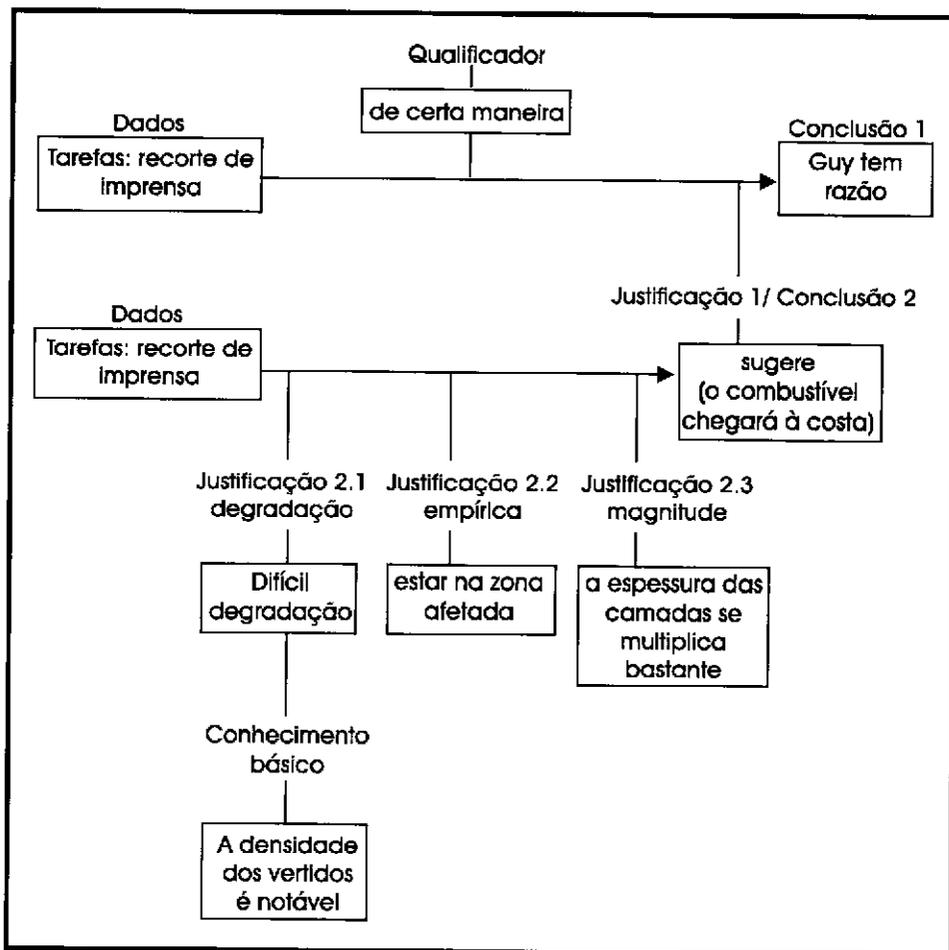


Figura 2 – Argumento de Antón

Em relação aos *critérios para a avaliação dos especialistas* utilizados pelos estudantes são consistentes com os de Walton (1996) para os argumentos a partir de opiniões de especialistas, particularmente com a questão da consistência entre o enunciado do especialista e a evidência disponível. Três dos seis grupos questionam o status de especialista de Skanzel por pertencer ao ITOPF ou por ser consultora do governo, o que é percebido como causa de enviesado; em termos de Walton diríamos que estão

reconhecendo um compromisso oculto. Dois grupos atribuem a Herrouin esse status de especialista, justificando-o pela participação dele no estudo do vertido. Todos os grupos justificam o apoio às conclusões de Herrouin e à crítica a Skanzel com base nas provas disponíveis e na sua própria experiência nas praias manchadas. Quatro grupos mencionam anteriores predições cumpridas ou não. Todos reconhecem que o fundo da controvérsia é a existência ou não de maré negra.

Uma questão relevante é se os estudantes rejeitam o argumento de Skanzel por considerá-lo falacioso. Sobre isso a lógica e a estrutura de argumentação não fornecem critérios: um argumento pode ser adequado desde o ponto de vista da qualidade lógica e, no entanto, ser falacioso. Mas o tipo de argumentação em que eles estão engajados sustenta-se particularmente nas justificações, dado que a tarefa demandava identificar as razões aportadas pelos especialistas. É por considerar as justificações de Skanzel falsas ou não acordes com: a) o conhecimento científico e b) os dados pelos quais a sua conclusão é rejeitada. Por exemplo, afirmar que a metade do óleo se evapora nos vinte dias que tarda em chegar à costa é claramente contrário ao conhecimento disponível, resultando muito mais acreditável o enunciado dos especialistas que indicam 5% como a fração volátil desse tipo de óleo para qualquer pessoa que tivesse contato físico com ele – como era o caso desses estudantes – e pudesse apreciar a sua persistência.

Em resumo, os alunos e alunas são capazes de justificar tanto as suas posições quanto assinalar fraquezas nas de outros atores sociais, e de considerarem-se a si próprios como especialistas que podem ter uma opinião formada sobre o tema.

## CONCLUSÕES

Os trabalhos que se discutem neste artigo analisam processos de tomada de decisões sobre questões científicas de impacto social. Os problemas ambientais são exemplos de questões que dificilmente podem ser analisadas fora desse marco social. As duas pesquisas, das que fazem parte os dados, abordam casos reais: a avaliação de um projeto de saneamento na bacia do rio Louro e a evolução do vertido de combustível do *Prestige* no inverno de 2002-2003. Como indica Aikenhead (1985), o objetivo da tomada de decisões na sala de aula não é chegar à unanimidade, pois nem sempre

um maior domínio de conceitos leva a ela, mas promover decisões reflexivas “sendo conscientes dos valores que a guiam e do conhecimento relevante para a questão” (p. 470).

O objetivo fundamental da escola é formar cidadãos preparados para tomar parte nas decisões sociais de relevância, para criticar as decisões tomadas por outros. Esses objetivos fazem parte das competências avaliadas no relatório PISA/ OCDE, comparação internacional de grande impacto na mídia. É importante incluir o desenvolvimento do raciocínio crítico entre os objetivos das ciências. O marco deste artigo excede uma análise detalhada das dimensões de um ambiente de aprendizagem que promove práticas argumentativas, que são mais bem caracterizadas em estudos longitudinais de longa duração, como o que se aborda em Jiménez Aleixandre, López Rodríguez e Erduran (2005), mas para nós a questão que faz uma maior diferença é se as tarefas são problemas autênticos que demandam dos estudantes assumir o protagonismo da aprendizagem e apropriar-se de práticas da cultura científica. Como esperar que os estudantes desenvolvam capacidades que não são desenvolvidas nas atividades em sala de aula? Seria como esperar que aprendessem a andar de bicicleta somente vendo um vídeo. Preparar os estudantes para serem cidadãos informados e participantes requer levar à sala de aula questões de relevância social; de outra forma estaríamos ajudando a deixar as decisões sobre esses temas nas mãos dos especialistas ou dos técnicos, tirando dos cidadãos a possibilidade de agir.

Um problema que enfrentamos quando se trabalham questões de relevância social é que os valores que sustentam a tomada de decisões ficam implícitos, dão-se por supostos mas não são explicitados, nem se põe de manifesto que decisões diferentes podem se dever não a distintos conhecimentos, mas a distintas hierarquias de valores (por exemplo, ambientais *versus* econômicos). O desenvolvimento dessas capacidades em sala de aula requer levar a ela problemas autênticos, muitas vezes tirados da vida real; e isso, apesar da sua complexidade, é um desafio que enfrentam as pessoas implicadas no ensino das ciências.

## REFERÊNCIAS

AIKENHEAD, G. S. Collective decision making in the social context of Science. *Science Education*, 69, p. 453-475, 1985.

AZNAR, V.; PEREIRO, C. Una consultora de 3º de BUP: ¿Construir un colector? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 20, p. 29-36, 1999.

BROWN, J. S.; COLLINS, A.; DUGUID, P. Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, p. 32-42, 1989.

CARR, W.; KEMMIS, S. *Teoría crítica de la enseñanza*. La investigación-acción en la formación del profesorado. Barcelona: Martínez Roca, 1988.

DUSCHL, R. A. *Restructuring Science Education*: The importance of theories and their development. Columbia, New York: Teachers College Press, 1990. (Traduzido para o espanhol como: *Renovar la enseñanza de las ciencias*: la importancia de las teorías y su desarrollo. Madrid: Narcea, 1997.)

FEDERICO AGRASO, M. *Conclusões justificadas e não justificadas e critérios de avaliação no Bacharelado*: o vertido do Prestige. Trabalho de Pesquisa Tutelada (Programa de Doutorado), Universidade de Santiago de Compostela, 2004.

FEDERICO AGRASO, M.; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. Comprensión de las noticias científicas: la clonación terapéutica es posible. In: XVIII CONGRESO DE ENCIGA. *Comunicación...*, [s.l.], 2005a.

FEDERICO AGRASO, M.; JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. Apropiación del discurso científico: niveles epistémicos y justificación de enunciados sobre la evolución de la marea negra. In: CONGRESO DE INVESTIGACIÓN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. *Comunicación...*, [s.l.], 2005b.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1970.

GIROUX, H. *Teoría y resistencia en educación*. México: Siglo XXI, 1992.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; AGRASO, M. F.; EIREXAS, F. *Scientific authority and empirical data in argument warrants about the Prestige oil spill*. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching (NARST) annual meeting, Vancouver, Apr. 2004.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; BUGALLO RODRÍGUEZ, A.; DUSCHL, R. A. "Doing the lesson" or "Doing Science": Argument in High School Genetics. *Science Education*, 84, p. 757-792, 2000.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; DÍAZ DE BUSTAMANTE, J. Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, p. 359-370, 2003.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; LÓPEZ RODRÍGUEZ, R. Designing a field code: environmental values in primary school. *Environmental Education Research*, 7, p. 5-22, 2001.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; LÓPEZ RODRÍGUEZ, R.; ERDURAN, S. *Argumentative quality and intellectual ecology*: a case study in primary school. Paper presented at the NARST annual meeting, Dallas, TX, Apr. 2005.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; PEREIRO MUÑOZ, C. Knowledge producers or knowledge consumers? Argumentation and decision making about environmental management. *International Journal of Science Education*, 24, p. 1171-1190, 2002.

KELLY, G. J. *Inquiry, activity and epistemic practice*. Paper presented at the Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda, sponsored by the National Science Foundation. Rutgers University, Feb. 2005. Disponível em: <<http://www.ruf.rice.edu/~rgrandy/NSFConSched.html>>.

KELLY, G. J.; DUSCHL, R. A. *Toward a research agenda for epistemological studies in science education*. Paper presented at the annual meeting of NARST. New Orleans, LA, Apr. 2002.

KELLY, G. J.; REGEV, J.; PROTHERO, W. *Assessing lines of evidence with argumentation analysis*. Paper presented at the NARST Annual Meeting, Dallas, TX, Apr. 2005.

KUHN, D. Thinking as Argument. *Harvard Educational Review*, 62, p. 155-178, 1992.

\_\_\_\_\_. Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77, p. 319-337, 1993.

LAVE, J.; WENGER, E. *Situated learning: legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

LEACH, J.; HIND, A.; RYDER, J. Designing and evaluating short teaching interventions about the epistemology of science in high school classrooms. *Science Education*, 87 (3), p. 831-848, 2003.

LEMKE, J. *Talking Science. Language, Learning and Values*. Norwood, NJ: Ablex, 1990. (Traduzido para o espanhol como: *Aprender a hablar Ciencia. Lenguaje, aprendizaje, valores*. Barcelona: Paidós, 1997.)

\_\_\_\_\_. Analysing verbal data: Principles, methods and problems. In: FRAZER, B.; TOBIN, K. (Ed.). *International Handbook of Science Education*, p. 1175-1189. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998.

MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino das Ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

\_\_\_\_\_. SCOTT, P. H. *Meaning making in secondary Science classrooms*. Maidenhead: Open University Press, 2003.

PEREIRO MUÑOZ, C. *Desenvolvimento da capacidade de elaborar argumentos sobre impacto ambiental no contexto da aprendizagem da biologia e da geologia no bacharelado*. Tese doutoral – Universidade de Santiago de Compostela, 2001.

PISA 2000, Relatório Nacional. Disponível em: <<http://www.pisa.oecd.org/dataoecd/30/19/33683964>>.

RESNICK, L. Introduction. In: RESNICK, L. (Ed.). *Knowing, learning and instruction. Essays in honor of Robert Glaser*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum, 1989. p. 1-25.

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

SADLER, T. D.; CHAMBERS, F. W.; ZEIDLER, D. Students conceptualisations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26, p. 387-410, 2004.

SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. The morality of socioscientific issues: construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88, p. 4-27, 2004.

SADLER, T. D.; ZEIDLER, D. The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89, p. 71-93, 2005.

SANDOVAL, W. A.; MORRISON, K. High School students' ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, p. 369-392, 2003.

SIMONNEAUX, L. Cómo favorecer la argumentación sobre las biotecnologías entre el alumnado. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 25, p. 27-44, 2000.

SIMONNEAUX, L.; SIMONNEAUX, J. *Training students how to argue through comparative analysis of texts giving opposing views of GMOs*. ERIDOB Conference. Patras, 2004.

TOULMIN, S. *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.

VYGOTSKI, I. S. *Pensamento e linguagem*. Lisboa: Antídoto, 1979.

WALTON, D. N. *Argumentation schemes for presumptive reasoning*. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum, 1996.

YORE, L. D.; BISANZ, G. L.; HAND, B. M. Examining the literacy component of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25, p. 689-725, 2003.

ZOBAR, A.; NEMET, F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in Human Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, p. 35-62, 2001.

Recebido: 13/12/05

Aprovado: 21/03/06