

UMA VISÃO INTEGRADA E GLOBAL DA CIÊNCIA NO CURRÍCULO DE CIÊNCIAS: ESTRATÉGIA DE DISCUSSÃO SOBRE UM PROBLEMA AMBIENTAL

Sílvia Ferreira

Escola Secundária com 3º CEB de Sobral de Monte Agraço

1. INTRODUÇÃO

A formação de cidadãos activos, com capacidades de pensar e de se adaptarem a novas situações no contexto da crescente e rápida alteração da sociedade, é um dos objectivos da educação (alíneas *b* e *d* do artigo 5º da Lei de Bases do Sistema Educativo). Nesse sentido, e devido à influência da ciência em diversas questões que dominam os debates de hoje, sejam elas de natureza política, económica, de saúde, ética, entre outras, a educação científica é actualmente uma componente fundamental nos currículos do ensino obrigatório. Tornou-se essencial formar cidadãos cientificamente literados.

O ensino das ciências, de acordo com Hodson (1998), deve ser encarado segundo três aspectos distintos: (1) aprender ciência – adquirir e desenvolver conhecimento conceptual e teórico; (2) aprender sobre ciência – desenvolver uma compreensão da natureza e métodos da ciência, assim como das interações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente; e (3) fazer ciência – desenvolver métodos científicos e a resolução de problemas. Deste modo, o professor, ao estar consciente da distinção entre estes três aspectos do ensino das ciências, pode promover estratégias de ensino-aprendizagem que desenvolvam esses diferentes objectivos. Para além disso, torna-se evidente que, incluído no próprio currículo de ciências, deve ser considerado o ensino de processos científicos, o ensino de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de competências investigativas.

Actualmente, em todo o mundo, diversos currículos de ciências aumentaram a sua ênfase no desenvolvimento da literacia científica (BouJaoude, 2002). Em Portugal, a actual reorganização curricular do ensino básico apresenta um conjunto de competências específicas das Ciências Físicas e Naturais para a literacia científica dos alunos no final do ensino básico (Ministério da Educação, 2001). É importante, assim, esclarecer o que se entende por literacia científica.

Miguéns e colaboradores (1996) referem que “a literacia científica inclui as capacidades de observar e reflectir sobre acontecimentos ou problemas, compreender o que está em causa e usar esses conhecimentos e capacidades de forma racional para uma tomada de decisão informada e consciente” (p.25). De um modo mais específico, Bybee (citado em BouJaoude, 2002) considera

que a literacia científica apresenta quatro dimensões: (1) nominal – o indivíduo é capaz de identificar e classificar palavras e questões como científicas, está apenas consciente dos conceitos; (2) funcional – o indivíduo usa vocabulário científico, é capaz de definir ou descrever um conceito; (3) conceptual e procedimental – o indivíduo compreende esquemas conceptuais científicos, bem como processos científicos; e (4) multidimensional – o indivíduo compreende a história e natureza da ciência, a sua relação com outras disciplinas e as relações entre ciência e sociedade. Assim sendo, o autor considera que para preparar indivíduos cientificamente literados, um currículo de ciências deve manifestar um balanço entre estas quatro dimensões de literacia científica.

Associada às definições apresentadas sobre literacia científica está a noção da interacção entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Daí que, de acordo com Membiela (citada em Fontes & Silva, 2004), para se conseguir efectuar a alfabetização científica é necessário introduzir a interacção CTS nas aulas de ciências. Dos vários objectivos do movimento CTS, apresentados por Fontes e Silva (2004), destacam-se os seguintes: desenvolver o pensamento crítico e a independência intelectual dos alunos; esbater as fronteiras entre os conhecimentos científicos e os conhecimentos relativos à construção da ciência (metacientíficos); analisar os aspectos políticos, económicos éticos e sociais da ciência; e promover a alfabetização científica de todos para que possam exigir dos diferentes poderes decisões fundamentadas.

A interacção CTS encontra-se incluída na dimensão sociológica externa da noção de construção da ciência apresentada por Ziman (1984). A ciência, de acordo com este autor, tem de ser encarada como uma instituição social e, por isso, têm de considerar-se as suas várias dimensões metacientíficas, as quais estão inter-relacionadas: dimensão filosófica – metodologia usada na investigação científica; dimensão psicológica – características pessoais dos cientistas; dimensão histórica – ciência como uma actividade dinâmica, que evolui; dimensão sociológica interna – relações sociais dentro da comunidade científica – e externa – interacção entre ciência, tecnologia e sociedade.

Tem-se vindo, assim, a desenvolver a ideia de que a educação científica deve englobar uma vertente metacientífica, isto é, relativa à construção da ciência, na qual assume actualmente grande relevância a relação entre ciência, tecnologia e sociedade (Santos, 1999). Deste modo, para além dos conteúdos científicos, começa a dar-se também importância aos conteúdos relacionados com a construção da ciência. Aspectos como a metodologia da ciência, a forma como esta evolui, a relação da ciência com a sociedade e a tecnologia, as relações que se estabelecem dentro da comunidade científica e as características psicológicas dos cientistas, passam a ser considerados importantes no âmbito da educação científica. Através do estudo da história da ciência, ou seja, da forma como os conhecimentos científicos foram sendo construídos, os alunos podem verificar qual o papel desempenhado pela intuição, pela sorte ou pelo trabalho árduo no desenvolvimento desse conhecimento, bem como a influência das relações estabelecidas dentro da comunidade científica durante essas investigações (McComas, Clough & Almazroa, 1999; McComas & Olson, 1999).

Do exposto, parece claro que num currículo de ciências deve haver, entre outros aspectos, um esbatimento das fronteiras entre o conhecimento científico e o conhecimento relativo à construção da ciência (metacientífico), se se pretender formar cidadãos cientificamente literados. Será que na actual reorganização curricular do ensino básico, que surge num contexto de gestão flexível do currículo, está presente esta preocupação? Em que medida o Discurso Pedagógico Oficial expresso nas “Orientações Curriculares de Ciências Naturais” (Ministério da Educação, 2002) contempla a construção da ciência?

Através do trabalho que se apresenta pretendeu-se dar resposta a estas questões. Para isso efectuou-se a análise da unidade *Ecossistemas* do tema organizador *Sustentabilidade na Terra* do currículo de ciências (Ministério da Educação, 2002), utilizando-se um instrumento que se dirige a várias dimensões da construção da ciência. Para cada uma das dimensões foram analisadas as relações de poder entre o conhecimento científico e o conhecimento metacientífico.

Após a análise da unidade seleccionada, elaborou-se uma estratégia de discussão, através da qual se pretende evidenciar um modo de articular conhecimentos científicos e conhecimentos relativos à construção da ciência, pela abordagem de um problema ambiental ocorrido em Minamata, no Japão. A estratégia enquadra-se na unidade temática *Ecossistemas*, mais especificamente nos sub-temas *Fluxos de energia e ciclo de matéria* e *Perturbações no equilíbrio dos ecossistemas*. É dada ênfase à inter-relação entre Ciência e Sociedade da interacção CTS e às dimensões filosófica, psicológica e sociológica externa da construção da ciência, estabelecidas por Ziman (1984). Tenciona-se, assim, que os alunos apreendam conhecimentos científicos, bem como conhecimentos relacionados com o processo de construção da ciência. Ao longo desta estratégia de discussão, os alunos são confrontados com textos e figuras a partir dos quais se colocam questões numa sequência bem definida, de forma a completar-se progressivamente o raciocínio dos alunos. Para o(s) professor(e)s são apresentadas sugestões de orientação da discussão. Recomenda-se a apresentação de cada texto indicado para o aluno e a respectiva questão associada em acetatos separados ou em diapositivos *PowerPoint*, contribuindo para uma aprendizagem estruturada. No final da discussão das respostas dadas a cada questão, o professor deve certificar-se de que foram mobilizadas, por parte dos alunos, as respectivas competências envolvidas. Aconselha-se que a abordagem da estratégia de discussão ocorra num bloco de 90 minutos, proporcionando aos alunos tempo para discussão.

No final, a estratégia de discussão foi também analisada com base no instrumento construído para a análise da unidade seleccionada, tendo assim em consideração as mesmas dimensões da construção da ciência.

Considera-se que o trabalho que se apresenta poderá ser usado para a formação de professores, sendo um modo de alertar os professores que se limitam a seguir as Orientações Curriculares de Ciências Físicas e Naturais (Ministério da Educação, 2001), já que dessa forma não estão a promover o alfabetismo científico de todos os alunos. É também um exemplo de como articular o conhecimento científico com o conhecimento metacientífico, uma vez que vários estudos (Canavaro, 2000; Halai & McNicholl, 2004) indicam que os próprios professores não possuem concepções adequadas sobre a construção da ciência. Por outro lado, o trabalho que se apresenta, nomeadamente a estratégia de discussão, poderá ser utilizada como

uma actividade na sala de aula, de forma a relacionar o conhecimento científico com algumas dimensões da construção da ciência.

2. ANÁLISE DO CURRÍCULO

A análise de uma pequena parte do currículo de ciências do 3º ciclo do ensino básico será feita tendo em conta a sua abordagem da construção da ciência. Assim, para esta análise considerou-se que a unidade temática seleccionada – *Ecossistemas* do tema organizador *Sustentabilidade na Terra* (Ministério da Educação, 2002) – pode ser caracterizada pela presença/ausência de indicações que expressam uma articulação entre os conhecimentos científicos e os conhecimentos relativos à construção da ciência (metacientíficos) em vários aspectos. Para isso, foi construído um instrumento de análise com vários indicadores e descritivos que traduzissem, para cada indicador, situações distintas e permitissem fazer uma análise, o mais pormenorizada possível, da unidade seleccionada – numa escala de classificação de dois graus (Quadro 1). A elaboração deste instrumento baseou-se nos aspectos que a literatura consultada indicava como sendo importantes para a articulação do conhecimento científico com o conhecimento metacientífico, no ensino das ciências.

BouJoude (2002) num estudo que efectua sobre o currículo de ciências Libanês pretendeu investigar a proporção de aspectos de literacia científica nesse currículo, de modo a verificar se esse currículo tem o potencial de preparar cidadãos cientificamente literados. O autor analisou e categorizou os objectivos gerais para o ensino das ciências, as introduções de cada tema para cada nível, os objectivos específicos dos níveis estudados, os objectivos instrucionais e as actividades para o 1º, 2º, 4º, 5º, 7º, 8º, 10º e 11º anos do currículo de ciências Libanês, o que representa dois terços do conteúdo do currículo. Para tal, construiu um instrumento de análise que reflecte as definições de literacia científica pesquisadas pelo autor e quatro aspectos de literacia científica: (1) conhecimento da ciência; (2) natureza investigativa da ciência; (3) ciência como um modo de conhecimento; e (4) interacção entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (C-T-S). Foi a partir destes quatro aspectos de literacia científica que se definiram os três grupos de indicadores do instrumento construído no presente trabalho, tendo-se deixado de lado o aspecto “conhecimento da ciência”, uma vez que o objectivo do instrumento é analisar a articulação entre conhecimento científico e metacientífico.

Para a definição de alguns dos indicadores recorreu-se também à noção de construção da ciência apresentada por Ziman (1984). Para este autor, cada uma das disciplinas metacientíficas – história da ciência, filosofia da ciência, sociologia da ciência e psicologia da ciência – dá ênfase a diferentes aspectos da ciência, que a definem, na sua globalidade, com várias dimensões, a histórica, a filosófica, a psicológica e a sociológica.

No sentido de se construir uma linguagem de descrição para o contexto específico de análise da relação entre conhecimento científico e conhecimento metacientífico no currículo de ciências, foram utilizados conceitos da teoria do discurso pedagógico de Bernstein. De acordo com esta teoria, o discurso pedagógico oficial resulta de um conjunto de relações que se estabelecem entre vários campos envolvidos na sua geração, recontextualização e reprodução. Ao longo dos vários níveis do aparelho pedagógico podem ocorrer recontextualizações, fazendo

com que o discurso reproduzido não traduza necessariamente o discurso que é produzido (Neves & Morais, 2001). Para além disso, as relações sociais entre categorias, como por exemplo, discursos, têm subjacentes relações de poder e de controlo. O poder define-se em termos de classificação, e relaciona-se com as fronteiras que se estabelecem entre as várias categorias, como por exemplo, professores, alunos, espaços, conteúdos de aprendizagem. A classificação será tanto mais forte, quanto mais nítida for a separação existente entre as categorias. O controlo define-se em termos de enquadramento, que refere as relações sociais que se estabelecem entre as categorias consideradas, ou seja, a comunicação que se irá estabelecer entre elas (Morais & Neves, 2001).

Utilizou-se, assim, o conceito de classificação como instrumento analítico da relação entre discursos científico e metacientífico. Usou-se os sinais de + e - para simbolizar as variações de classificação, em que C⁻ significa uma classificação fraca e C⁺ uma classificação forte (Quadro I).

Quadro I. Instrumento de análise do currículo com os indicadores seleccionados e as relações de poder.

Relação entre discursos Conhecimento científico / Conhecimento metacientífico			
Indicadores		C ⁺	C ⁻
Natureza investigativa da ciência	Métodos e processos de ciência	Na abordagem do conhecimento científico não são usados métodos e processos científicos, como observar, medir, inferir, analisar dados, ...	Na abordagem do conhecimento científico são usados métodos e processos científicos, como observar, medir, inferir, analisar dados, ...
	Actividades experimentais	As actividades experimentais não abordam a construção da ciência, apenas conhecimentos científicos.	Nas actividades experimentais existe uma articulação entre os conhecimentos científicos e a construção da ciência.
Ciência como um modo de conhecimento	Metodologia usada na investigação científica (dimensão filosófica)	Na abordagem do conhecimento científico é ignorada a metodologia usada na investigação desse conhecimento.	Na abordagem do conhecimento científico estimula-se o estabelecimento de ligações com a metodologia usada na investigação desse conhecimento.
	Características pessoais dos cientistas (dimensão psicológica)	Na abordagem do conhecimento científico são ignoradas as influências pessoais e subjectivas na produção desse conhecimento.	Na abordagem do conhecimento científico existe uma articulação com as características pessoais dos cientistas que produziram esse conhecimento.

	Ciência como uma actividade dinâmica (dimensão histórica)	O conhecimento científico é encarado como sendo definitivo.	O conhecimento científico é encarado como um corpo de conhecimentos organizados que vêm sendo modificados no tempo.
	Relações sociais dentro da comunidade científica (dimensão sociológica interna)	Na abordagem do conhecimento científico são ignoradas as relações sociais dentro da comunidade científica.	Na abordagem do conhecimento científico existe uma articulação com as relações sociais dentro da comunidade científica.
Interação entre ciência, tecnologia e sociedade (dimensão sociológica externa)	Impacto da ciência na sociedade	Não se faz referência ao impacto da ciência na sociedade.	Faz-se referência ao impacto da ciência na sociedade.
	Produção científica na sua relação com a sociedade	Não se faz referência à influência que a sociedade exerce sobre a produção de conhecimento científico.	Faz-se referência à influência que a sociedade exerce sobre a produção de conhecimento científico.
	Tecnologia como causa e resultado da actividade científica	Não se faz referência à inter-relação entre tecnologia e ciência.	Faz-se referência à inter-relação entre tecnologia e ciência.
	Uso pessoal da ciência para a tomada de decisões	É ignorada a importância do uso do conhecimento científico para a tomada de decisões fundamentadas na sociedade.	É dada importância ao uso do conhecimento científico para a tomada de decisões fundamentadas na sociedade.
	Decisões científicas e tecnológicas influenciadas por valores	Na abordagem do conhecimento científico é ignorado que as decisões dos cientistas são influenciadas por valores culturais.	Na abordagem do conhecimento científico é focado que as decisões dos cientistas são influenciadas por valores culturais.

A análise da unidade temática *Ecossistemas* do tema organizador *Sustentabilidade na Terra* do currículo de ciências do 3º ciclo da nova reforma educacional foi feita utilizando-se o instrumento criado e como unidade de análise foi considerado o parágrafo. Para visualizar a tendência da relação entre conhecimento científico e conhecimento relativo à construção da ciência (metacientífico), sem recorrer no entanto a abordagens quantitativas, elaborou-se uma tabela em que cada aspecto categorizado foi representado por um sinal de visto (Quadro II), tendo-se obtido “manchas” para cada indicador.

Quadro II. Tendências da relação entre conhecimento científico e metacientífico na unidade temática Ecossistemas.

Relação entre discursos			
Conhecimento científico / Conhecimento metacientífico			
Indicadores		C ⁺	C ⁻
Natureza investigativa da ciência	Métodos e processos de ciência	✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓	✓✓
	Actividades experimentais	✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓	
Ciência como um modo de conhecimento	Metodologia usada na investigação científica (dimensão filosófica)	✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓	
	Características pessoais dos cientistas (dimensão psicológica)	✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓	
	Ciência como uma actividade dinâmica (dimensão histórica)	✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓	
	Relações sociais dentro da comunidade científica (dimensão sociológica interna)	✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓	
Interação entre ciência, tecnologia e sociedade (dimensão sociológica externa)	Impacto da ciência na sociedade	✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓	✓
	Produção científica na sua relação com a sociedade	✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓	✓
	Tecnologia como causa e resultado da actividade científica	✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓	✓
	Uso pessoal da ciência para a tomada de decisões	✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓	
	Decisões científicas e tecnológicas influenciadas por valores	✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓	

Como se pode verificar pela análise efectuada à unidade temática *Ecosistemas*, a relação entre conhecimento científico e metacientífico tende para uma classificação forte, ou seja, nos diferentes aspectos considerados, o conhecimento científico tem sempre um maior estatuto que o conhecimento metacientífico. Há uma separação nítida entre estas duas categorias. Este resultado não seria de esperar, uma vez que, por exemplo, no documento das Competências Essenciais para a disciplina de Ciências Físicas e Naturais (Ministério da Educação, 2001) é expressa a seguinte ideia estruturante, a qual deve orientar a aprendizagem dos conteúdos em ciências ao longo do ensino básico e na qual estão presentes alguns aspectos considerados na análise efectuada ao currículo:

“Viver melhor no planeta Terra pressupõe uma intervenção humana crítica e reflectida, visando um desenvolvimento sustentável que, tendo em consideração a interacção Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, se fundamente em opções de ordem social e ética e em conhecimento científico esclarecido sobre as dinâmicas das relações sistémicas que caracterizam o mundo natural e sobre a influência dessas relações na saúde individual e comunitária” (p.133-134).

Assim, parece ter ocorrido uma recontextualização quando se passa do documento Competências Essenciais para as Orientações Curriculares, expressa num fortalecimento das classificações entre os conhecimentos científico e metacientífico.

Do mesmo modo, na análise do currículo Libanês efectuada por BouJoude (2002), o autor verificou que existe uma inconsistência na proporção dos aspectos de literacia científica entre os objectivos gerais e as restantes componentes do currículo. Esta inconsistência é mais evidente no aspecto da ciência como um modo de conhecimento – quanto mais detalhado o currículo se torna, menos evidente é a ênfase dada a este aspecto. Também existe, assim, uma recontextualização quando se passa dos objectivos gerais para o resto do currículo. Esta recontextualização pode levar os professores de ciências a desvalorizarem esse aspecto de literacia científica (ciência como um modo de conhecimento) quando implementam o currículo.

Para que os alunos adquiram uma visão mais integrada e mais global da ciência (Canavarro, 2000), apresenta-se de seguida uma estratégia de discussão onde é abordado um problema ambiental que ocorreu em Minamata, no Japão. Na abordagem a este problema real pretendeu-se articular conhecimentos científicos e conhecimentos relativos à construção da ciência (metacientíficos), esbatendo deste modo as fronteiras entre estas duas categorias. A estratégia enquadra-se na unidade temática *Ecosistemas*, mais especificamente nos sub-temas *Fluxos de energia e ciclo de matéria* e *Perturbações no equilíbrio dos ecossistemas*.

3. ESTRATÉGIA DE DISCUSSÃO

Para os alunos:

As múltiplas actividades humanas foram modificando as características ambientais de acordo com a sua conveniência, pondo muitas vezes em causa a sobrevivência de diversos ecossistemas e também a sobrevivência da própria espécie humana, provocando o desequilíbrio dos ecossistemas.

Nesta aula iremos tentar compreender, através de uma actividade de discussão com várias questões, um problema real de desequilíbrio dos ecossistemas que ocorreu em Minamata, no Japão. A partir desse exemplo iremos também tentar perceber o modo de trabalho seguido por um grupo de investigadores, bem como focar a inter-relação existente entre ciência e sociedade.

Através desta introdução, espera-se que os alunos percebam que esta actividade de discussão irá abranger quer aspectos científicos quer aspectos sobre a construção do conhecimento científico. Por outro lado, esclarece os alunos quanto ao modo como irá ocorrer a actividade.

Para os alunos:

Minamata é uma cidade na costa oeste da ilha japonesa Kyushu (Figura 1), localizada numa baía com o mesmo nome no Mar Shiranui. A maioria dos seus habitantes dedica-se à agricultura e à pesca.

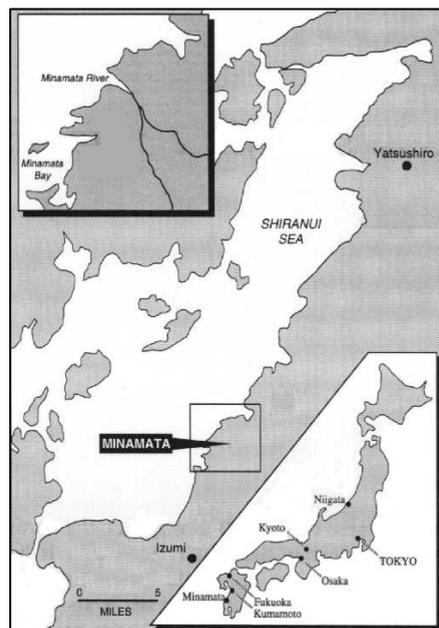


Figura 1. Mapa com a localização de Minamata no Japão (fonte: Maruyama, 1996).

Nessa cidade, em 1956, começaram a aparecer várias pessoas com uma doença não identificada. No dia 21 de Abril, uma menina de cinco anos deu entrada na clínica pediátrica do

Dr. Noda, com vários sintomas neurológicos. O médico realizou diversos exames clínicos, mas passada uma semana não chegou a nenhuma conclusão sobre a natureza da doença. No dia 29 de Abril, a irmã dessa menina, com três anos, chegou à clínica com os mesmos sintomas. O Dr. Noda notificou o Centro de Saúde de Minamata da existência destas duas pacientes com uma doença desconhecida. Em consequência, o Centro de Saúde verificou que naquela área já tinha aparecido um grande número de pacientes com os mesmos sintomas, dos quais se destacam os seguintes: ataxia (incapacidade de coordenar as acções dos vários músculos implicados na execução de um movimento), distúrbios sensoriais, rigidez muscular, movimentos involuntários, ligeira deterioração intelectual e instabilidade emocional (Harada & Noda, 1988).

COM BASE NESTES DADOS QUE PROBLEMA TE SURGE?

Para os alunos:

Logo no mês de Agosto de 1956, foi criado um grupo de investigadores médicos da Universidade de Kumamoto para tentar dar resposta aos problemas com que os habitantes da cidade de Minamata se estavam a deparar: *Qual era afinal a doença que estava a aparecer na cidade? Porque motivo estava a aparecer essa doença?* Para isso, os investigadores começaram por observar os doentes e fizeram uma lista dos aspectos que tinham em comum (Harada & Noda, 1988):

- A maioria dos doentes vivia na mesma área da Baía de Minamata;
- A doença apareceu principalmente entre os pescadores e as suas famílias;
- A doença ocorreu em pessoas de todas as idades, sem diferenciação de género;
- Todos os doentes tinham comido peixe e moluscos da Baía de Minamata.

Para além destes aspectos, os investigadores também constataram que os produtos agrícolas e a água potável não eram suspeitos de serem a causa da doença e que, na mesma altura e na mesma área, apareceram muitos gatos com os mesmos sintomas desses doentes.

A PARTIR DOS DADOS DESTA LISTA, FORMULA UMA HIPÓTESE PARA A POSSÍVEL CAUSA DA DOENÇA.

Para formular a hipótese, primeiro, os alunos devem relacionar o caso de todos os doentes terem comido peixe com o facto dos gatos também estarem doentes, provavelmente, devido à sua alimentação preferida ser também o peixe. Assim, a causa da doença poderá ter sido o peixe que quer os humanos quer os gatos comeram. Estabelecida esta relação, devem formular uma hipótese semelhante a: uma grande parte dos habitantes de Minamata estava doente por ter comido peixe envenenado. O professor pode ainda referir, de modo a evidenciar a possível causa da doença, que muitas aves marinhas também manifestaram os mesmos sintomas que os gatos (Stoker & Seager, 1981).

Tal como na questão anterior, também nesta são requeridas competências complexas no domínio do raciocínio pela formulação de hipóteses e é abordada a dimensão filosófica da ciência, pois é evidenciada a noção de que em resposta a um dado problema científico podem ser formuladas hipóteses, de acordo com os dados empíricos.

Para os alunos:

No mês de Novembro desse mesmo ano, o grupo de investigadores, perante os dados que foi recolhendo na cidade de Minamata, considerou que a doença desconhecida consistia num caso de intoxicação, devido ao consumo de grandes quantidades de peixe e moluscos capturados na Baía de Minamata. No entanto, faltava saber qual era a substância tóxica responsável por essa contaminação do peixe e dos moluscos. Os investigadores consideraram vários metais e metalóides, especialmente o manganésio, o selénio e o mercúrio (Harada & Noda, 1988) – cujos efeitos de envenenamento estavam registados na literatura disponível sobre esse assunto. Mas como iriam saber qual destas substâncias era a responsável pela doença?

PROPÕE UM ESTUDO EXPERIMENTAL QUE PERMITA DETERMINAR QUAL A SUBSTÂNCIA TÓXICA RESPONSÁVEL PELA DOENÇA DOS HABITANTES DE MINAMATA.

O professor deve lembrar os alunos que a doença desconhecida foi detectada também em gatos, para além dos humanos. O professor pode ainda questionar os alunos sobre qual o método adoptado actualmente pelos médicos quando querem saber a causa de morte de um determinado ser vivo – a autópsia. Assim, os alunos podem sugerir que os investigadores deveriam ter feito autópsias a gatos que tivessem morrido devido à doença e, deste modo, poderiam verificar qual era a substância tóxica presente nesses seres vivos. Por outro lado, as autópsias também poderiam ser feitas a humanos que já tivessem morrido da doença e, do mesmo modo, poderiam permitir a identificação da substância tóxica. Poderiam ainda ser efectuadas análises ao sangue e à urina das pessoas contaminadas. Para além disso, os alunos também podem indicar que se deveriam efectuar análises à água da baía e a alguns peixes e moluscos aí existentes, de modo a determinar qual a substância tóxica presente.

Nesta questão, os alunos devem mobilizar competências no domínio do conhecimento processual, através do planeamento de um procedimento experimental, e mais uma vez é abordada a dimensão filosófica da ciência.

Para os alunos:

De modo a determinar qual a substância tóxica responsável pela doença dos habitantes de Minamata, o grupo de investigadores começou por analisar a água da baía, mas verificou que esta continha uma grande quantidade de várias substâncias tóxicas, de tal modo que não conseguiu determinar qual a responsável pela doença (Ui, 1992). Continuaram as investigações e autopsiaram o cérebro dos gatos que tinham morrido com a doença desconhecida. No entanto, mais uma vez, através destes estudos não ficou claro qual era o metal que provocava a doença. Apenas dois anos mais tarde, em 1958, os investigadores conseguiram efectuar exames *post mortem* a 10 casos humanos (Harada & Noda, 1988). Os resultados obtidos estão registados no Quadro III, assim como os resultados previstos na literatura para envenenamentos com diferentes metais.

Quadro III. Diagnóstico da doença dos habitantes de Minamata em comparação com diagnósticos previstos para vários tipos de envenenamento.

Legenda: os sinais indicam a manifestação do sintoma nas pessoas analisadas: (+++) em todas as pessoas; (++) na maioria; (+) em algumas; (+-) em poucas; (-) em nenhuma.

Diferentes diagnósticos	Doença de Minamata	Envenena/mercúrio inorgânico	Envenena/mercúrio orgânico	Envenena/tálio	Envenena/manganésio
<i>Sistema Nervoso</i>					
Perda de células nervosas					
Área estriada	+++	-	+++	-	-
Córtex cerebral	++	-	++	-	-
Desintegração do nervo periférico	+-	++	+-	+++	+-
Hemorragia, edema	+++	++	+++	++	++
<i>Outros órgãos</i>					
Degeneração das células do fígado	+-	++	+-	+	++
Degeneração do rim	+-	+++	+-	++	+-
Inflamação do intestino	+	+++	+	++	-
<i>Sintomas clínicos principais</i>					
Ataxia	+++	+-	+++	+++	+
Restrição do campo visual	+++	-	+++	-	-
Distúrbios da inteligência	+	-	+	+	-
Síndrome polineurótico	+	++	+	+++	-
Distúrbios no fígado e rins	+-	+++	+-	++	++

ATRAVÉS DA COMPARAÇÃO DOS DADOS DO QUADRO III, O QUE PODES INFERIR EM RELAÇÃO À SUBSTÂNCIA TÓXICA RESPONSÁVEL PELA DOENÇA?

Nesta questão pretende-se que os alunos, através da interpretação e comparação dos dados do quadro, verifiquem que o diagnóstico da doença dos habitantes de Minamata efectuado pelo grupo de cientistas se

assemelha ao diagnóstico previsto na literatura para o envenenamento com mercúrio orgânico. Deste modo, devem inferir que a substância tóxica responsável pela doença é, muito provavelmente, o mercúrio orgânico.

São, assim, requeridas competências no domínio do conhecimento de raciocínio pela interpretação e comparação dos dados existentes no quadro em relação a diferentes diagnósticos de envenenamento. Continua-se a focar a dimensão filosófica da construção da ciência.

Para os alunos:

No mês de Julho de 1959, através do conjunto de experiências que o grupo de cientistas da Universidade de Kumamoto realizou, foi descoberta a substância tóxica que provoca a doença dos habitantes de Minamata – o mercúrio orgânico (metilmercúrio). Assim, a doença de Minamata, nome com que ficou conhecida, corresponde a um envenenamento com metilmercúrio e ocorre em pessoas que comem peixe e moluscos contaminados com esta substância tóxica, sendo o cérebro o órgão mais afectado (Harada & Noda, 1988).

Ainda em 1958, os investigadores verificaram que em Minamata existiam muitos pacientes com sinais de paralisia cerebral congénita e suspeitaram que essa doença fosse devida também ao envenenamento por metilmercúrio, mas durante a gravidez da mãe (Harada & Noda, 1988). Essa suspeição deveu-se ao facto de todos os pacientes terem familiares que sofriam da doença de Minamata e também por as suas mães comerem muito peixe e moluscos durante a gravidez (Harada, 1998). Para testarem essa hipótese, levaram a cabo um conjunto de experiências com gatas prenhes de modo a verificarem o efeito do mercúrio no feto. Experiências estas que confirmaram a suposição estabelecida inicialmente (Harada & Noda, 1988).

QUAL O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DA CIÊNCIA SEGUIDO PELO GRUPO DE INVESTIGADORES DA UNIVERSIDADE DE KUMAMOTO?

COM BASE NOS CONHECIMENTOS QUE JÁ ADQUIRISTE SOBRE O SISTEMA REPRODUTOR, COMO EXPLICAS QUE OS FETOS SEJAM CONTAMINADOS COM METILMERCÚRIO?

Em relação à primeira questão, os alunos devem verificar que o grupo de cientistas da Universidade de Kumamoto parte de um modelo teórico e só depois procura dados que o comprovem ou o refutem – racionalismo. Ao contrário do empirismo, que pressupõe uma recolha de dados antes da formulação da teoria.

De modo a responderem à segunda questão, pretende-se que os alunos recordem os conhecimentos já adquiridos no 6º ano de escolaridade sobre o sistema reprodutor humano, nomeadamente na temática “fecundação e desenvolvimento do feto” (Ministério da Educação, 2000). Assim, os alunos devem referir que o metilmercúrio que a mãe ingeriu, por exemplo através do consumo de peixe contaminado com essa substância tóxica, passou a barreira da placenta através do cordão umbilical e foi introduzido no feto. O

professor pode acrescentar que o metilmercúrio é introduzido na corrente sanguínea da mãe, já que ao contrário do mercúrio inorgânico, o mercúrio orgânico atravessa rapidamente as membranas celulares e é transportado pelos glóbulos vermelhos pelo corpo (Botkin & Keller, 1997). Assim, através do cordão umbilical vai também entrar no feto e vai afectar o desenvolvimento do seu cérebro, levando a uma organização anormal dos neurónios. Caso seja necessário, o professor poderá apresentar a Figura 2 para facilitar a compreensão deste processo.

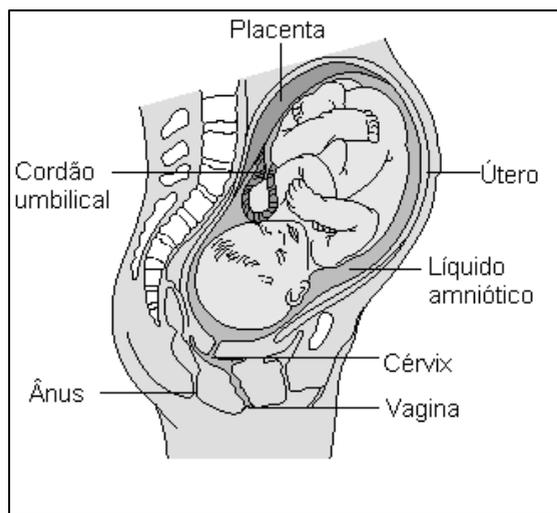


Figura 2. Anatomia de uma mulher grávida (adaptado de <http://hcd2.bupa.co.uk/fact_sheets/html/Normal_pregnancy.html>).

Em relação a este aspecto, o professor poderá mostrar aos alunos uma das fotografias retiradas por Eugene Smith em 1972 a uma das vítimas de envenenamento por mercúrio com paralisia cerebral congénita (http://www.masters-of-photography.com/S/smith/smith_minamata.html). Essa fotografia corresponde à doente Tomoko Uemura que está a tomar banho com a sua mãe. Tomoko foi envenenada por mercúrio quando ainda estava no útero da sua mãe e, por isso, nasceu surda, cega e incapaz de usar as suas pernas (Hesse, 2004). Um caso muito real da doença de Minamata! O professor pode referir que o fotógrafo W. Eugene Smith (1918-1978) foi um dos primeiros a mostrar ao mundo os horrores dos doentes de Minamata, através das suas fotografias a preto e branco.

Através desta discussão, pretende-se que os alunos mobilizem competências nos domínios do conhecimento substantivo, através da aplicação de conhecimentos já adquiridos sobre o sistema reprodutor humano, e do conhecimento epistemológico, pela análise do modo de trabalho do grupo de cientistas. Continua-se a focar a dimensão filosófica da construção da ciência, uma vez que se persiste com a apresentação da metodologia seguida pelo grupo de cientistas da Universidade de Kumamoto.

Para os alunos:

Depois de descoberta a causa da doença de Minamata, faltava agora saber qual era a fonte de poluição do mercúrio orgânico. O mercúrio pode alcançar o ser humano de várias formas (Figura 3), principalmente através de três vias: inalação (transporte pelo ar), bebida (transporte pela água) e alimentação (transporte pelas cadeias alimentares) (McKinney & Scoch, 1998). Perante esta informação, o grupo de investigadores foi procurar possíveis fontes de poluição em

Minamata. Verificaram que existia uma fábrica local de produção de plásticos – a fábrica Chisso – que despejava todos os resíduos na baía de Minamata, sem qualquer tipo de tratamento, desde 1908 (Hesse, 2004).

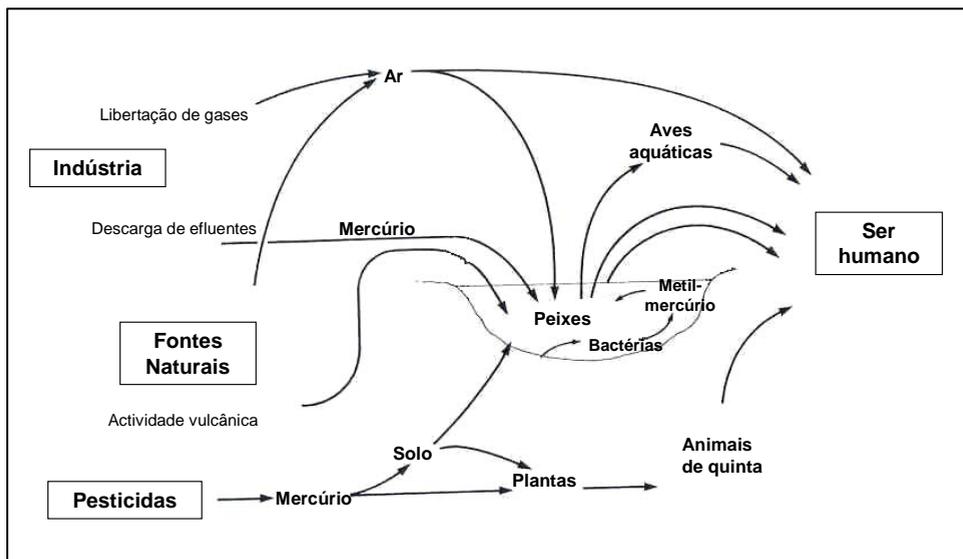


Figura 3. Caminhos possíveis do mercúrio até ao ser humano através da água, ar e cadeias alimentares.

EXPLICA DE QUE MODO OCORRE A CONTAMINAÇÃO DO PEIXE E O CONSEQUENTE ENVENENAMENTO DOS HUMANOS COM METILMERCÚRIO.

Nesta questão, pretende-se que os alunos sistematizem a informação que têm adquirido ao longo da actividade e apliquem conhecimentos já adquiridos sobre cadeias alimentares na temática “Fluxos de energia e ciclo de matéria” (Ministério da Educação, 2002). No final da discussão a esta questão deve ficar claro que a fábrica Chisso na produção de plástico usava mercúrio inorgânico. Esta substância era lançada na baía de Minamata através dos efluentes da fábrica – fonte de poluição – e, pela acção de microorganismos, convertida em mercúrio orgânico (metilmercúrio). Este, por sua vez, concentrou-se ao longo da cadeia alimentar aquática: inicialmente no plâncton, que é o principal meio de alimentação dos peixes pequenos, que por sua vez passam a ser o meio de subsistência dos peixes maiores (Botkin & Keller, 1997). Sendo o peixe uma porção importante da dieta alimentar da população de Minamata, esta ingeriu grandes quantidades de metilmercúrio e acabou por ficar envenenada – consequências da poluição.

O professor poderá ainda, com auxílio da Figura 4, explicar que ocorreu uma bioamplificação – acumulação do metal mercúrio nos tecidos vivos ao longo das cadeias tróficas. A bioamplificação do mercúrio apenas foi conhecida no final dos anos 50, apesar da grande utilização desta substância nessa altura (Stocker & Seager, 1981). Este processo envolve duas etapas: primeiro, o organismo ingere a substância mas não a excreta nem a metaboliza e, por isso, quando um predador come esse organismo

também está a ingerir a substância que já foi acumulada pela presa; segundo, os consumidores alimentam-se de pequenos organismos em grande quantidade e, assim, a substância concentra-se cada vez mais na passagem pela cadeia alimentar (McKinney & Scoch, 1998). No caso de Minamata, a água da baía continha um nível de mercúrio 50 vezes acima do valor normal (Grimel, 2001), o plâncton continha 5 ppm, o peixe entre 10 a 55 ppm (Simmons, 2001) e as pessoas podiam atingir uma concentração de mercúrio no seu corpo de 500 ppm (Botkin & Keller, 1997).

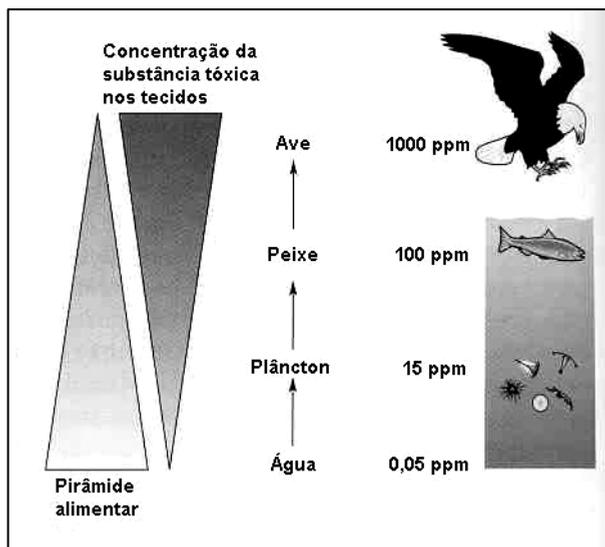


Figura 4. Exemplo de uma bioamplificação de substâncias tóxicas. Nota: ppm = partes por milhão. (adaptado de McKinney & Scoch, 1998).

Nesta questão são requeridas competências nos domínios do conhecimento substantivo, através da análise de evidências e pela aplicação de conceitos já adquiridos sobre cadeias alimentares, e do conhecimento processual, através da interpretação de esquemas.

Para os alunos:

A pesquisa inicial do grupo de investigadores indicou que era quase certo que a doença de Minamata estaria relacionada com a fábrica Chisso, mas era completamente tabu falar desta possibilidade à comunidade de Minamata, uma vez que os habitantes estavam economicamente dependentes da fábrica. O grupo de investigadores questionou os responsáveis pela fábrica sobre quais as substâncias que estavam a ser usadas para a produção do plástico, mas estes não se mostraram disponíveis para cooperar e negaram qualquer responsabilidade pelo problema. Referiram que não libertaram mercúrio, apesar deste ser um produto essencial às reacções químicas que realizavam para a produção de plástico (Ui, 1992).

QUAL A IMPORTÂNCIA DO GRUPO DE INVESTIGADORES TER DIVULGADO OS RESULTADOS DA SUA PESQUISA AOS HABITANTES DE MINAMATA?

Espera-se que os alunos refiram a importância da sociedade ter acesso aos conhecimentos científicos que envolvem o seu bem-estar, para que estes constituam a sua base de tomada de decisão. Apesar do grupo de investigadores não ter provas concretas da culpabilidade da fábrica de Chisso na libertação de mercúrio para a baía de Minamata, os habitantes dessa cidade tinham direito em saber os resultados das suas pesquisas, para poderem agir em conformidade. Pretende-se assim que os alunos tenham noção da interação constante entre a ciência e a sociedade – dimensão sociológica externa da construção da ciência.

Para os alunos:

No final dos anos 50, ocorreu a descoberta de novos pacientes com a doença de Minamata, mas noutra local da costa. Verificou-se então que a fábrica Chisso tinha deslocado as suas condutas de libertação dos resíduos para esse local, de modo a afastá-las da baía de Minamata. Como resultado, o medo espalhou-se por todas as áreas do Mar Shiranui e o peixe retirado do mar não podia ser mais vendido devido ao receio de contaminação (Ui, 1992).

QUE CONTRIBUTOS TERÁ DADO ESTA DESCOBERTA DOS NOVOS DOENTES PARA A RESPONSABILIZAÇÃO DA FÁBRICA DE CHISSO PELA DOENÇA DE MINAMATA?

Em relação a esta questão, os alunos devem referir que o facto do aparecimento de pessoas com a doença de Minamata noutra local coincidir com a nova localização das condutas de resíduos da fábrica, ser um dado que apoia a conclusão a que chegaram os investigadores da Universidade de Kumamoto – a fábrica de Chisso era a responsável pela doença de Minamata, ao libertar mercúrio para o mar.

Para os alunos:

Em 1959, quando os grupos de pescadores locais souberam que a doença de Minamata era provocada pela descarga na baía de efluentes com mercúrio pela fábrica Chisso, ficaram irritados e explodiram de fúria. Exigiram que os responsáveis da fábrica os compensassem pela poluição provocada e pelo aparecimento da doença. A companhia recusou-se a fazer qualquer pagamento, referindo que a causa da doença não estava ainda compreendida e, por isso, não podia ser relacionada com as actividades da fábrica (Ui, 1992).

As tensões sociais na cidade de Minamata, e em seu redor, foram aumentando e a 2 de Novembro desse ano, 4000 pescadores associaram-se para exigirem que ocorresse uma inspecção à área poluída por membros do governo. Este acontecimento foi registado pelos meios de comunicação nacionais e a doença de Minamata ficou finalmente conhecida por toda a população japonesa, três anos depois da sua descoberta. Nessa altura, o ministro da indústria e

comércio japonês, Hayato Ikeda, criticou a divulgação dos resultados da investigação levada a cabo pelo grupo de investigadores da Universidade de Kumamoto sobre a doença de Minamata, referindo que provocou um conflito social (Ui, 1992).

PORQUE RAZÃO É IMPORTANTE QUE OCORRA A DIVULGAÇÃO QUER DE ACONTECIMENTOS SOCIAIS PELOS MEIOS DE COMUNICAÇÃO QUER DOS RESULTADOS OBTIDOS NAS INVESTIGAÇÕES CIENTÍFICAS?

A discussão deverá ser orientada de forma a que os alunos compreendam a importância da divulgação de acontecimentos sociais, como o que ocorreu em Minamata, pelos meios de comunicação e da publicação dos resultados das investigações científicas. Desta forma é possível torná-los de conhecimento geral, permitindo a sua utilização para a tomada de decisões fundamentadas, bem como a sua aplicação em investigações futuras.

É de realçar o poder social e político que a fábrica de Minamata possuía, dificultando a sua responsabilização pela ocorrência da doença de Minamata. Por outro lado, também é de referir que os investigadores identificaram com alguma rapidez a causa da doença, mas foram logo condenados pelo governo e pelos interesses económicos. Nesta questão aborda-se sobretudo a dimensão sociológica externa da construção da ciência, evidenciada pela interacção entre ciência e sociedade.

Para os alunos:

Durante todo este período, desde a descoberta da doença de Minamata em 1956 até à identificação da sua causa em 1959, o Dr. Hosokawa, director do hospital da cidade de Minamata que pertencia à fábrica Chisso, também esteve muito interessado na determinação da possível causa da doença. Assim, realizou secretamente diversas experiências com gatos, alimentando-os com os resíduos dos efluentes libertados pela fábrica Chisso e constatou os efeitos do envenenamento por mercúrio. O médico foi o primeiro a alertar os dirigentes da fábrica, comunicando-lhes que eram efectivamente os responsáveis pelo envenenamento de mercúrio que afectou os habitantes de Minamata. Após o encontro com os dirigentes, o Dr. Hosokawa foi proibido de efectuar mais investigações e os resultados que tinha obtido foram mantidos em segredo na fábrica. Assim, em 1959 quando foi acusada de ser a responsável pela doença de Minamata, a companhia estava perfeitamente a par dessa situação, mas continuou a sua produção (Littlefield, 1997).

Apesar de ter sido impedido de realizar mais investigações, o Dr. Hosokawa continuou a efectuar-las fora dos olhares dos dirigentes da fábrica Chisso. Em 1962, chegou à conclusão que o mercúrio inorgânico lançado pela fábrica se transformava em metilmercúrio e esta substância era a responsável pela doença de Minamata. No entanto, não divulgou os seus resultados (Ui, 1992).

QUE CARACTERÍSTICAS PSICOLÓGICAS DEMONSTRA TER O DR. HOSOKAWA PELAS ATITUDES QUE TOMOU?

Pretende-se que os alunos compreendam que o Dr. Hosokawa estava sujeito a pressões sociais, económicas e políticas e que “os cientistas nem sempre se comportam como homens livres, abertos e críticos, porque as influências da sociedade e as consequências que as suas descobertas poderão ter levamos, por vezes, a retardar a sua divulgação, ou mesmo, a não divulgar” (Fontes & Silva, 2004). A tomada de conhecimento das descobertas efectuadas pelo médico iriam culpabilizar a fábrica Chisso pela doença de Minamata e, conseqüentemente, esta teria que compensar todos os habitantes que tivessem sido de alguma forma prejudicados. O médico manteve-se leal à fábrica de que fazia parte e não divulgou os resultados das suas descobertas. Assim, como características pessoais do investigador, os alunos devem enumerar algumas tais como o seu carácter persistente, a sua curiosidade, a capacidade de observar atentamente e também a sua falta de coragem para enfrentar as pressões com que se estava a deparar. O professor pode referir que vários investigadores verificaram que o Dr. Hosokawa estava psicologicamente atormentado por saber a causa da doença de Minamata, mas sentia que não podia dizer nada (Littlefield, 1997). É ainda de salientar que este caso é um exemplo de violação dos direitos humanos – a fábrica Chisso, mesmo após ter sabido os efeitos que o envenenamento com mercúrio provocava, continuou negligentemente a lançar os resíduos para a água.

Através desta questão pretende-se que os alunos mobilizem competências no domínio do conhecimento epistemológico, através da análise de uma descoberta científica onde se evidencia a influência da sociedade sobre a ciência. São destacadas a dimensão psicológica e sociológica externa da construção da ciência.

Para os alunos:

Durante o início dos anos 60, os problemas relacionados com a doença de Minamata foram esquecidos e os próprios doentes queriam permanecer isolados. Os habitantes da cidade estavam mais preocupados em negociar com a fábrica Chisso os contratos de trabalho (Ui, 1992).

Apenas no mês de Setembro de 1968, 12 anos após a descoberta da doença, o governo admitiu a relação causa-efeito que existia entre as descargas de resíduos efectuadas pela fábrica na baía e a doença de Minamata, reconhecendo publicamente que a doença era resultado da destruição ambiental. No entanto, a maioria dos habitantes de Minamata esperava que o problema de poluição se resolvesse sem terem de entrar em conflito com a fábrica, já que dependiam dela economicamente. Houve, contudo, uma minoria de habitantes que resolveu processar a fábrica e iniciou um processo no tribunal (Ui, 1992).

De modo a enfrentarem a batalha em tribunal, essa minoria de habitantes organizou-se e formou o Grupo de Investigação da Doença de Minamata. O grupo era formado por cidadãos voluntários, investigadores, jornalistas, entre outros, que tinham o intuito de continuar a investigação sobre a doença. O processo judicial foi muito lento e extremamente difícil. Mas, finalmente o Dr. Hosokawa, já retirado da fábrica, testemunhou em tribunal, relatando os resultados das suas experiências, bem como o facto de terem sido mantidos em segredo pelos dirigentes da fábrica. As suas declarações foram cruciais para o veredicto final do tribunal em Março de 1972 – o veredicto foi favorável aos doentes de Minamata, estes tinham que ser

compensados pela fábrica Chisso, e esta tinha também que implementar uma tecnologia que protegesse o ambiente (Ui, 1992).

QUAL PENSAS SER A IMPORTÂNCIA SOCIAL DO VEREDICTO FINAL DO TRIBUNAL EM RELAÇÃO ÀS VÍTIMAS DA DOENÇA DE MINAMATA?

Através desta discussão pretende-se que os alunos percebam que o facto dos doentes de Minamata terem ganho o processo em tribunal, é um exemplo para outras cidades que possam estar a sofrer problemas ambientais semelhantes. É necessário que os cidadãos não se sintam ameaçados pelas pressões económicas e políticas e saibam agir em defesa do seu bem estar. Para além disso, evidencia a importância dos cientistas publicarem os resultados das suas investigações, já que podem ser fundamentais para a tomada de decisão da sociedade. Para a resolução deste caso foi de extrema importância a divulgação dos resultados obtidos pelo Dr. Hosokawa nas investigações que realizou sobre a doença de Minamata. É abordada, assim, a dimensão sociológica externa da ciência.

O professor pode referir que, por exemplo, em 1975 quando foi descoberto que o mesmo tipo de doença começou a afectar índios canadianos, as vítimas da doença de Minamata convidaram os índios a Minamata, de modo a partilharem experiências. No Canadá foi uma fábrica de soda cáustica que libertou mercúrio para as águas, afectando os índios (Harada, 1998). É também de salientar que em 1968 a fábrica Chisso deixou de lançar para a baía de Minamata mercúrio, mas a única razão pela qual a poluição parou foi porque o método de produção com utilização do mercúrio ficou desactualizado. No entanto, uma grande quantidade de mercúrio já havia sido lançada para a baía e os peixes e moluscos continuavam a ser contaminados. Para além disso, em todo o seu processo de produção de plásticos, a fábrica teve que implementar tecnologia que permitisse a protecção do ambiente (Littlefield, 1997).

Para os alunos:

Apesar do tribunal ter dado um veredicto favorável às vítimas da doença de Minamata em 1972, o processo de negociação com a fábrica Chisso de modo a compensar todas as vítimas foi demasiado lento. Lê com atenção a notícia que se segue da revista New Scientist de 1 de Junho de 1996 (Hadfield, 1996, Junho 1):

Finalmente as vítimas de Minamata recebem dinheiro

Na semana passada, quarenta anos após o acontecimento, prometeu-se finalmente compensação às vítimas de um dos desastres de poluição mais notórios a nível mundial. As 1500 vítimas Japonesas da doença de Minamata – causada pela poluição com mercúrio na Baía de Minamata – estão agora a abandonar o seu processo judicial contra a companhia de químicos Chisso após ter sido prometido cerca de £16 000 para cada uma.

Entre 1953 e 1960, a fábrica Chisso lançou compostos de mercúrio para a Baía de Minamata. O mercúrio acumulou-se no peixe e moluscos comidos localmente. Muitas pessoas sofreram danos cerebrais, os quais causavam tremores involuntários, e muitas mulheres deram à luz bebés com deformações graves.

Quando os sintomas foram associados ao mercúrio lançado pela fábrica, ocorreu um alerta no Japão contra os elevados níveis de poluição existentes. A reacção pública forçou o governo a despoluir o ar e a água do Japão, os quais tinham sido severamente poluídos durante a década de rápido crescimento económico.

Inicialmente cerca de 13000 pessoas exigiram compensação, mas apenas 3000 foram oficialmente reconhecidas como sofrendo de doenças resultantes da poluição com mercúrio. Os pagamentos efectuados para compensar as vítimas quase que levaram a fábrica Chisso à falência e este acontecimento persuadiu outras companhias a limparem o que tinham poluído, para não correrem o risco de queixas semelhantes.

Entretanto, as outras vítimas tiveram de prosseguir o seu caso nos tribunais. Muitas não estavam satisfeitas com a compensação atribuída na semana passada, mas após quarenta anos de batalha, sentiram que não tinham outra escolha senão em aceitar.

Apesar das reivindicações financeiras terem sido agora estabelecidas, alguns dos sobreviventes exigem uma última cedência – um pedido de desculpa do governo e a aceitação da sua responsabilidade por ter permitido que a poluição ocorresse.

COMENTA A SEGUINTE AFIRMAÇÃO “O INCIDENTE NA BAÍA DE MINAMATA NO JAPÃO TORNOU-SE O EXEMPLO TÍPICO DO IMPACTO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR MERCÚRIO” (KUPCHELLA & HYLAND, 1993, P.344).

Através desta discussão, pretende-se que os alunos sistematizem toda a informação científica e metacientífica que estiveram a abordar ao longo da actividade. Devem referir que a poluição ambiental e o envenenamento com mercúrio que ocorreu em Minamata, deveu-se sobretudo ao poder social e político da fábrica responsável por essa libertação de mercúrio – a fábrica Chisso – bem como aos seus interesses económicos. O mercúrio libertado pela fábrica concentrou-se nas cadeias alimentares aquáticas da baía de Minamata e, sendo o peixe um alimento essencial para a população de Minamata, os seus habitantes ingeriram grandes quantidades dessa substância tóxica, ficando doentes com graves problemas neurológicos. Depois da descoberta da doença em 1956, os investigadores conseguiram logo em 1959 identificar a substância responsável, mas foram logo condenados pelo governo e pelos interesses económicos. Apenas no final dos anos 90, através de longos processos em tribunal, os responsáveis pela fábrica compensaram as vítimas desta tragédia. Foram precisas décadas de esforço de um grupo de

investigadores e cidadãos voluntários para que o sofrimento físico e emocional das vítimas da doença de Minamata fosse conhecido.

Nesta questão são requeridas competências nos domínios do conhecimento substantivo, do conhecimento epistemológico e do raciocínio. Engloba as dimensões filosófica, sociológica externa, psicológica e histórica.

Como curiosidade, o professor poderá referir que actualmente no *site* da companhia Chisso não existe qualquer menção a este grave problema ambiental e social, a não ser a referência da existência de uma fábrica em Minamata (<<http://www.chisso.co.jp/english/com/commain3.html>>). Sobre a fábrica em Minamata apenas referem o seguinte: “fundada em 1906 por Sitagau Noguchi, a fábrica de Minamata surge na história da companhia como o berço e o núcleo das operações da companhia. Próxima do mar Shiranui, os seus 500000 m² são o lugar para a produção especializada de cristais líquidos, materiais electrónicos e químicos. Até ao presente mantém o seu papel central no Grupo Chisso”.

Terminada a discussão, o professor deverá apresentar a ideia geral a que se pretendia chegar com a realização desta estratégia de discussão, articulando os conhecimentos científicos e os conhecimentos sobre a construção da ciência (metacientífico). Esta deverá ser semelhante à que se apresenta de seguida.

O poder social, político e económico de algumas indústrias constitui uma das principais ameaças ao equilíbrio dos ecossistemas, uma vez que pode permitir que essas indústrias sejam fontes de substâncias poluentes que levam ao envenenamento dos seres vivos envolvidos nas cadeias alimentares, podendo ainda impedir que as descobertas dos investigadores para uma melhoria da qualidade de vida sejam conhecidas.

De modo a tornar claro que na estratégia se pretendia promover a aprendizagem quer de conhecimento científico quer de conhecimento relativo à construção da ciência, apresenta-se também de seguida a ideia geral a que se desejava chegar para cada um desses discursos, respectivamente.

A poluição, pela acção de substâncias tóxicas, constitui uma das principais causas do desequilíbrio dos ecossistemas, dado que essas substâncias podem concentrar-se ao longo das cadeias alimentares e, deste modo, envenenar os seres vivos envolvidos.

A actividade industrial das sociedades actuais interfere nos ecossistemas, podendo ameaçá-los gravemente, especialmente quando as indústrias têm demasiado poder social, político e económico e, devido a isso, as descobertas dos investigadores para uma melhoria da qualidade de vida são ignoradas.

4. ANÁLISE DA ESTRATÉGIA

A análise da estratégia de discussão será realizada tendo em atenção os aspectos da construção da ciência (metaciência) considerados quando foi feita a análise da unidade seleccionada do currículo de ciências, tendo por base os mesmos pressupostos. No Quadro IV está evidenciada a análise efectuada.

Quadro IV. Análise da estratégia nas relações de poder entre conhecimento científico e conhecimento metacientífico.

Relação entre discursos Conhecimento científico / Conhecimento metacientífico		
	Indicadores	Classificação interna
Natureza investigativa da ciência	Métodos e processos de ciência	C⁻ Ao longo da actividade são requeridos métodos e processos de ciência, tais como colocar problemas, formular hipóteses, analisar dados, propor procedimentos experimentais.
	Actividades experimentais	<i>Não são realizadas actividades experimentais.</i>
Ciência como um modo de conhecimento	Metodologia usada na investigação científica (dimensão filosófica)	C⁻ Na abordagem do conhecimento científico relacionado com a poluição com mercúrio estimula-se o estabelecimento de ligações com a metodologia utilizada na descoberta desse conhecimento científico. Na estratégia são vários os aspectos focados: <ul style="list-style-type: none"> - percepção de que existe um problema científico e a sua formulação; - formulação de hipóteses, perante dados empíricos; - elaboração de procedimentos experimentais para testar uma hipótese; - compreensão da metodologia seguida pelo grupo de investigadores; - noção de que com a descoberta de novos dados pode-se refutar ou apoiar uma hipótese.
	Características pessoais dos cientistas (dimensão psicológica)	C⁻ Nesta estratégia, na abordagem do conhecimento científico existe uma articulação com as características pessoais dos cientistas que produziram esse conhecimento. Referem-se, principalmente, as características da personalidade do Dr. Hosokawa, como a sua curiosidade, a capacidade de observar atentamente, mas também a sua falta de coragem para enfrentar as pressões com que se estava a deparar.
	Ciência como uma actividade dinâmica (dimensão histórica)	C^{+/-} Nesta estratégia não é dada muita ênfase ao facto do conhecimento científico ser encarado como um corpo de conhecimentos organizados que vêm sendo modificados no tempo. No entanto, destaca-se a importância da publicação científica.

	Relações sociais dentro da comunidade científica (dimensão sociológica interna)	C⁺ Nesta estratégia não existe uma articulação com as relações sociais dentro da comunidade científica. Não é assim dado enfoque à dimensão sociológica interna da ciência.
Interação entre ciência, tecnologia e sociedade (dimensão sociológica externa)	Impacto da ciência na sociedade	C⁻ Faz-se referência ao impacto da ciência na sociedade, nomeadamente à importância que a descoberta da causa da doença de Minamata, assim como a descoberta da sua origem tiveram na população dessa cidade.
	Produção científica na sua relação com a sociedade	C⁻ Nesta estratégia faz-se referência à influência que a sociedade exerce sobre a produção de conhecimento científico, dado que foi o aparecimento de várias vítimas com a doença de Minamata que desencadeou o conjunto de descobertas científicas que se seguiram.
	Tecnologia como causa e resultado da actividade científica	C⁺ Nesta estratégia não se faz referência à inter-relação entre tecnologia e ciência.
	Uso pessoal da ciência para a tomada de decisões	C⁻ Nesta estratégia é dada importância ao uso do conhecimento científico para a tomada de decisões fundamentadas na sociedade, nomeadamente pelo facto dos cidadãos terem agido conscientes dos seus direitos após terem descoberto que a origem da doença se devia à libertação de mercúrio pela fábrica Chisso.
	Decisões científicas e tecnológicas influenciadas por valores	C⁻ Na abordagem do conhecimento científico é focado que as decisões dos cientistas são influenciadas por valores culturais. Nesta estratégia isso está evidenciado nas pressões políticas e económicas que se fizeram sentir.

Na unidade temática *Ecossistemas* será conveniente o professor implementar outras estratégias onde sejam enfraquecidas as classificações que na estratégia aqui apresentada foram fortes, nomeadamente em relação à ciência como uma actividade dinâmica (dimensão histórica da construção da ciência), às relações sociais dentro da comunidade científica (dimensão sociológica interna da construção da ciência) e à inter-relação entre ciência e tecnologia. Pretendendo-se, assim, que no final da unidade os alunos tenham uma visão mais integrada e global da ciência. Visão esta que não será alcançada se os professores se limitarem a seguir as Orientações Curriculares de Ciências Físicas e Naturais (Ministério da Educação, 2001) e não as recontextualizarem de modo a promoverem o alfabetismo científico de todos os alunos (Morais & Neves, 2006).

AGRADECIMENTOS

A autora agradece à Professora Ana Maria Morais (Departamento de Educação da Universidade de Lisboa) e à Ana Silva (School of Biological Sciences University of Plymouth)

as sugestões feitas e a Marta Nogueira e Sílvia Calado, professoras de Biologia e Geologia, que experimentaram a estratégia na sala de aula e que, com as suas sugestões, também permitiram a introdução de alterações no texto.

REFERÊNCIAS

- Botkin, D. & Keller, E. (1997). *Environmental science – Earth as a living planet* (2ª ed.). New York: John Wiley.
- BouJaoude, S. (2002). Balance of scientific literacy themes in science curricula: The case of Lebanon. *International Journal of Science Education*, 24 (2), 139-156.
- Canavarro, J. (2000). *O que se pensa sobre a ciência*. Coimbra: Quarteto.
- Fontes, A., & Silva, I. (2004). *Uma nova forma de aprender ciências – A educação em ciência / tecnologia / sociedade*. Porto: Edições Asa.
- Grimel, H. (2001, Outubro 10). *Minamata Bay mercury victims could double*. Recuperado em 2005, Janeiro 7, de <<http://www.mindfully.org/Pesticide/Minimata-Mercury-Victims.htm>>.
- Hadfield, P. (1996, Junho 1). Minamata victims win cash at last. *New Scientist*. Recuperado em 2005, Janeiro 10, de <<http://www.newscientist.com/article.ns?id=mg15020320.600>>.
- Halai, N., & McNicholl, J. (2004). Teachers' conceptions of the nature of science: A comparative study from Pakistan and England. *School Science Review*, 86(314), 93-99.
- Harada, M. (1998). *Minamata disease and the mercury pollution of the globe*. Recuperado em 2004, Dezembro 13, de <<http://www.einap.org/envdis/Minamata.html>>.
- Harada, Y., & Noda, K. (1988). How it came about the finding of methyl mercury poisoning in Minamata district. *Congenital Anomalies*, 28(Suppl.). Recuperado em 2005, Janeiro 7, de <<http://www.gbg.bonnet.se/bwf/art/minamata.html>>.
- Hesse, S. (2004, Setembro 12). Minamata disease – Exploring a cautionary tale. *The Japan Times*. Recuperado em 2004, Dezembro 13, de <<http://202.221.217.59/print/features/books2004/fb20040912a1.htm>>.
- Hodson, D. (1998). *Teaching and learning science: Towards a personalized approach*. Buckingham: Open University Press.
- Kupchella, C., & Hyland, M. (1993). *Environmental science: Living within the system of nature* (3ª ed.). New Jersey: Prentice-Hall.

Lei n.º 46/86 de 14 de Outubro (Lei de Bases do Sistema Educativo).

Littlefield, A. (1997). *Minamata disaster*. Recuperado em 2005, Janeiro 7, de <<http://www.american.edu/ted/minamata.htm>>.

Maruyama, S. (1996). Responses to Minamata disease'. In J. K. Mitchell (Ed.), *The long road to recovery: Community responses to industrial disaster*. Tokyo: UNU Press, United Nations University.

McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (1999). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies*, 3-39. Netherlands: Kluwer.

McComas, W. F., & Olson, J. K. (1999). The nature of science in international science education standards documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies*, 41-52. Netherlands: Kluwer.

McKinney, M., & Schoch, R. (1998). *Environmental science – Systems and solutions*. Boston: Jones and Bartlett.

Miguéns, M., Serra, P., Simões, H., & Roldão, M. (1996). *Dimensões formativas de disciplinas do ensino básico – Ciências da Natureza*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

Ministério da Educação (2002). *Ciências físicas e naturais – Orientações curriculares para o 3º ciclo do ensino básico*. Lisboa: Autor.

Ministério da Educação (2001). *Currículo nacional do ensino básico – Competências essenciais*. Lisboa: Autor.

Ministério da Educação (2000). *Programa Ciências da Natureza – Plano de organização do ensino-aprendizagem (volume II) (3ª ed.)*. Lisboa: Autor.

Morais, A. M., & Neves, I. P. (2001). Pedagogic Social Contexts: Studies for a Sociological of Learning. In A. Moraes, I. Neves, B. Davies & H. Daniels (Eds.), *Towards a Sociology of Pedagogy: The Contribution of Basil Bernstein to Research* (Cap.8). New York: Peter Lang.

Morais, A. M., & Neves, I. P. (2006). Processos de recontextualização num contexto de flexibilidade curricular – Análise da actual reforma das ciências para o ensino básico. *Revista de Educação* (em publicação).

Neves, I. P., & Moraes, A. M. (2001). Texts and contexts in educational systems: Studies of recontextualising spaces. In A. Moraes, I. Neves, B. Davies & H. Daniels (Eds.), *Towards a Sociology of Pedagogy: The Contribution of Basil Bernstein to Research* (Cap.9). New York: Peter Lang.

- Santos, M. E. (1999). *Desafios pedagógicos para o século XXI*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Silva, A., Gramaxo, F., Santos, M., Mesquita, A., Baldaia, L., & Félix, J. (2004). *Planeta vivo – Viver melhor na Terra*. Porto: Porto Editora.
- Simmons, I. (2001). *Humanidade e meio ambiente – Uma ecologia cultural*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Stoker, H., & Seager, S. (1981). *Química ambiental – Contaminación del aire y del agua*. Barcelona: Editorial Blume.
- Ui, J. (1998). Minamata disease – Chapter 4. In J. Ui (Ed.), *Industrial pollution in Japan*. Recuperado em 2004, Dezembro 13, de <<http://www.unu.edu/unupress/unupbooks/uu35ie/uu35ie0c.htm>>.
- Ziman, J. (1984). Academic science. In J. Ziman, *An Introduction to Science Studies* (Cap.1). Cambridge: Cambridge University Press.

UMA VISÃO INTEGRADA E GLOBAL DA CIÊNCIA NO CURRÍCULO DE CIÊNCIAS: ESTRATÉGIA DE DISCUSSÃO SOBRE UM PROBLEMA AMBIENTAL

RESUMO:

No artigo que se apresenta efectuou-se a análise da unidade *Ecosistemas* do tema organizador *Sustentabilidade na Terra* do currículo de ciências do ensino básico, utilizando-se um instrumento que se dirige a várias dimensões da construção da ciência. Para cada uma das dimensões foram analisadas as relações entre o conhecimento científico e o conhecimento metacientífico. De modo a evidenciar uma forma de articular esses dois tipos de conhecimentos, apresenta-se uma estratégia de discussão, onde se aborda um problema ambiental que ocorreu em Minamata, no Japão, e é dada ênfase à inter-relação entre Ciência e Sociedade da interação CTS e às dimensões filosófica, psicológica e sociológica externa da construção da ciência. A estratégia de discussão foi também analisada com base no instrumento construído para a análise da unidade seleccionada, tendo em consideração as mesmas dimensões da construção da ciência.

Palavras-chave:

currículo de ciências, construção da ciência, problemas ambientais.

AN INTEGRATED AND GLOBAL VISION OF SCIENCE IN SCIENCE CURRICULUM DISCUSSION STRATEGY ABOUT AN ENVIRONMENTAL PROBLEM

ABSTRACT:

In the actual paper, the *Ecosystems* theme of the science curriculum for basic school was analysed with an instrument that focused some dimensions of the nature of science. For each one of these dimensions, the relationships between scientific and metascientific knowledge were analysed. The paper also presents a discussion strategy, as an example to articulate these two kinds of knowledge, and it approaches an environmental problem that happened in Minamata, in Japan. The activity focuses the inter-relationship between Science and Society of the STS relationship and the philosophical, psychological and external sociological dimensions of science. The discussion strategy was also analysed with the instrument that was used to analyse the theme *Ecosystems*, having in mind the same dimensions of the nature of science.

Key-words:

science curriculum, science construction, environmental problems.