

Educação para a sustentabilidade: a gestão de recursos do mar

BEATRIZ BRAVO-TORIJA, FINS EIREXAS e MARÍA PILAR JIMÉNEZ-ALEIXANDRE

Dept. Didáctica das Ciências Experimentais, Universidade de Santiago de Compostela, Espanha (ddmaleix@usc.es)

Resumo. Discute-se o planeamento de uma unidade didática sobre a gestão dos recursos do mar e a aquicultura na escola secundária, que aborda um problema autêntico que suscita grande controvérsia social: a instalação de granjas de cultivo de peixes no litoral da Galícia. O enquadramento teórico insere-se na perspectiva do pensamento crítico e o trabalho com conflitos, partindo dos nossos resultados de pesquisa sobre as dificuldades para a construção das noções de problema ambiental e recursos naturais por parte do alunado da escola secundária. Discute-se o problema a resolver nas aulas e a estrutura conceitual dos conhecimentos ecológicos e ambientais necessários para trabalhar com ele assim como algumas das atividades planejadas enquadradas na perspectiva da cognição distribuída, e as características dos problemas autênticos, abertura, variedade de soluções possíveis, potencialmente geradoras de debate e argumentação. O objetivo é avaliar a competência para relacionar provas e conclusões.

Abstract. The design principles of a teaching sequence on marine resources management and aquaculture in secondary school are discussed. The sequence is constructed around a controversial issue: building fish farms in the Galician coast. The theoretical framework draws from critical thinking and work with conflicts, as well as from our previous results about secondary school students' difficulties in the construction of the notions of environmental problems and natural resources. The problem set for students, and the conceptual structure of the ecological and environmental knowledge required in order to work about it are discussed. The instructional activities are framed in the distributed cognition perspective and the features of authentic problems, openness, variety of possible solutions, which have the potential for generating debate and argumentation. The objective is the assessment of the competence of relating evidence to claims.

Palavras chave: sustentabilidade, recursos naturais, ecologia, pirâmide alimentar

Key words: sustainability, natural resources, ecology, trohic pyramid

Competências argumentativas e pensamento crítico: objetivos do trabalho

A educação ambiental pretende promover o conhecimento responsável e reflexivo por parte da cidadania (sejam adultos, jovens ou crianças) das conseqüências que determinadas atividades e comportamentos têm sobre o meio. Partindo de um conhecimento científico sobre o próprio meio e o significado dos impactos das nossas intervenções, trata-se de promover contextos de reflexão e resolução de problemas autênticos nos quais desenvolver o pensamento crítico e, em conseqüência, sermos conscientes da nossa capacidade para modificar os nossos comportamentos e da responsabilidade que isto leva consigo. No campo educativo, estes contextos de reflexão e resolução de problemas enquadram-se numa consideração das aulas como espaços sociais nos quais desenvolver atividades que conectem os estudantes com os problemas do seu ambiente.

O trabalho na aula sobre a gestão dos recursos naturais, quer a dos recursos pesqueiros, e as conseqüências que determinadas atividades humanas têm sobre o meio marinho, requer a utilização de conceitos científicos, por exemplo cadeia alimentar, recurso renovável, maturidade sexual, etc. que podem oferecer dificuldades. Ademais, os argumentos a este respeito apresentam uma considerável complexidade, pois devem levar em conta não só dimensões científicas, senão

outras sociais, econômicas, ou políticas, e também uma componente ética e de valores pessoais.

Neste trabalho discute-se o planejamento de uma unidade didática sobre a gestão dos recursos do mar e a aqüicultura na escola secundária, que aborda um problema autêntico que tem suscitado grande controvérsia social: a instalação de granjas de cultivo de peixes no litoral da Galícia. Na primeira parte apresenta-se o enquadramento teórico na perspectiva do pensamento crítico e o trabalho com conflitos, e na segunda alguns resultados de pesquisa sobre a noção de problema ambiental e de recursos naturais por parte do alunado. Na terceira parte apresenta-se o problema a resolver na aula e a estrutura conceitual dos conhecimentos ecológicos e ambientais necessários para trabalhar com ele. Por último, discutem-se algumas das atividades planejadas enquadradas nos problemas autênticos e a fundamentação teórica do planejamento, assim como os passos a dar no futuro.

Este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa sobre o efeito da utilização na aula de estratégias e tarefas baseadas em problemas autênticos no desenvolvimento de competências científicas e práticas epistêmicas na escola secundária, em particular na capacidade de relacionar provas e conclusões. A competência estudada é a capacidade de elaborar conclusões a partir de provas e dados e de utilizar evidências em distintos níveis epistêmicos. Esta competência implica também na capacidade de criticar argumentos de outros com base em provas. Consideramos que estas capacidades formam parte das competências argumentativas que para nós (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2007) têm como núcleo central a avaliação do conhecimento. Os objetivos da parte do trabalho apresentada neste artigo são:

- Construir uma estrutura conceitual de referência, identificando os conceitos necessários como ferramentas intelectuais para resolver o problema de avaliar a idoneidade da aqüicultura como solução ao esgotamento dos recursos pesqueiros.
- Planejar uma unidade didática concebida como um programa de atividades articulado em torno de um problema autêntico: a elaboração de um informe sobre a construção de uma granja de cultivo de peixes numa vila da costa da Galícia. Esta unidade enquadra-se numa perspectiva da educação ambiental como desenvolvimento de responsabilidade sobre ações de alto custo.

Educação ambiental e pensamento crítico

Pensamento crítico e racionalidade crítica

Por pensamento crítico entendemos a capacidade da pessoa de desenvolver uma opinião independente, adquirindo a faculdade de refletir sobre a realidade e participar nela. Esta idéia

enquadra-se na diferença que estabelece a teoria crítica (CARR e KEMMIS, 1988) entre o discurso da *racionalidade técnica* ou instrumental, que pretende apresentar todos os problemas como problemas técnicos, e o discurso da racionalidade crítica, que ressalta a capacidade das pessoas de refletir sobre a realidade e de modificá-la. Que as pessoas, o alunado, seja capaz de criticar argumentos, mesmo de "vozes expertas" com base em provas e evidências científicas (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE et al., 2004) é uma das manifestações do pensamento crítico.

A dimensão de reflexão crítica e promoção da co-responsabilidade pessoal que incorpora a educação ambiental está presente no que Lucas (1980) considera a “verdadeira educação ambiental”, isto é, a que tem uma orientação *a favor* ou *para* o meio e não só *sobre* ou *no* meio. A orientação *a favor* do meio significa desenvolver atitudes e comportamentos de respeito e proteção da natureza, começando pelo mais próximo. De acordo com esta idéia não seria uma verdadeira educação ambiental só o estudo da ecologia ou a observação direta do meio nas saídas ao campo. Para Lucas a educação *no* meio só considera o meio como um recurso didático, a educação *sobre* é a que converte o meio num conteúdo curricular de particular importância e a educação *a favor* do meio tem como fins e objetivos fundamentais a proteção, conservação e melhora do ambiente.

O desenvolvimento do pensamento crítico está relacionado tanto com alcançar um adequado nível de alfabetização científica que permita avaliar as provas e criticar os argumentos, como o que Smyth (1995) denomina *competência ambiental*. Para este autor a “competência ambiental” é a que permite o desenvolvimento dos valores ambientais para uma educação *a favor* do meio. López (2001) agrupou em três os estágios de desenvolvimento dos valores ambientais propostos por Smyth (*op. cit.*) na seguinte progressão:

- Consciência ambiental, entendida como o reconhecimento da existência de problemas ambientais.
- Responsabilidade ambiental, definida como a tomada de consciência da participação pessoal nas causas e na gestão das soluções.
- Competência ambiental, ou capacidade de propor soluções e alternativas.

Para Colucci-Gray et al. (2006) o enfoque ético é também muito importante, e propõem “alfabetizar na sustentabilidade” em referência ao esforço por comprometer o alunado com a conservação dos ecossistemas naturais, nos quais as pessoas ficam inseridas como mais uns atores e dos quais dependem todas as nossas necessidades. Estes autores contemplam a educação como promotora de uma consciência no alunado da complexidade dos processos naturais e das suas

relações muitas vezes não lineares, através de uma prática de aula que fomenta as dinâmicas de discussão, a aceitação de múltiplos pontos de vista e a não-violência. Como indicam Colucci-Gray et al, os sistemas vivos apresentam uma pauta de interconexões entre diversos componentes, e não é suficiente o conhecimento das propriedades dos componentes para predizer o comportamento do sistema no seu conjunto. Este é o caso das populações de peixes abordado na unidade didática que discutimos aqui.

O desenvolvimento do espírito crítico é um dos objetivos que propõe o ensino das ciências desde uma perspectiva que atende ao contexto social, perspectiva denominada CTS (Ciência–Tecnologia–Sociedade) ou recentemente perspectiva *humanista*, definida por Aikenhead (2006) como aquela que se liga com os problemas sociais do meio do alunado.

A teoria crítica contempla as escolas como espaços criativos nos quais é possível realizar ações de resistência e transformação. Segundo Giroux (1992) as escolas não são unicamente lugares onde a instrução é realizada, mas também espaços sociais, onde os elementos de resistência permitem a construção de experiências vividas, nas quais as e os estudantes podem encontrar uma voz. Neste sentido, a teoria crítica poderia caracterizar-se como uma reflexão sobre as relações entre fins sociais, meios e valores. Para Habermas (1999) a teoria crítica é uma forma de conhecimento auto-reflexivo.

Educação ambiental e responsabilidade individual

A noção de desenvolvimento do pensamento crítico inclui, por uma lado, a capacidade de criticar discursos de outros, mas também o desenvolvimento da idéia de responsabilidade individual com respeito ao meio natural e social (EIREXAS et al., 2007). No caso da educação ambiental, as estratégias encaminhadas para desenvolver esta responsabilidade têm relações com os conflitos existentes entre as ações “a favor” do meio e a repercussão destas ações no nosso estilo de vida.

Gräsel (2000) classifica os comportamentos relativos ao meio em dois tipos: ações ecológicas de baixo custo, que são as de fácil realização diária, por exemplo depositar as garrafas de plástico no lugar adequado. Em contraposição, colocar em prática ações de alto custo implica renunciar a alguma coisa ou reduzir o conforto da nossa vida diária. As ações de alto custo levam a um grande esforço individual, por exemplo, prescindir do automóvel e utilizar o transporte coletivo, ou substituir banhos por duchas curtas para reduzir o consumo de água.

Consideramos que é preciso trabalhar explicitamente na sala de aula sobre estes conflitos e o custo das medidas “a favor” do meio, para promover o desenvolvimento da responsabilidade individual. Na nossa opinião, uma educação ambiental que conduz unicamente a realizar propostas sobre o que devem fazer “os demais” (administração, empresas, etc.) esquecendo o que corresponde a cada um ou cada uma de nós seria pouco efetiva.

Neste sentido, a educação para o desenvolvimento sustentável compartilha com a educação ambiental “a favor” do meio estes objetivos de desenvolver a responsabilidade ambiental, incluindo uma perspectiva de solidariedade inter-gerações.

Percepção dos problemas ambientais pelo alunado: os recursos

A utilização de conceitos como recursos naturais e gestão de recursos por parte do alunado não está isenta de dificuldades. A sua percepção dos problemas ambientais está centrada mais na contaminação e nos impactos do que na gestão dos recursos (AGRASO e JIMÉNEZ, 2003). Estas autoras mostram uma diferença de reconhecimento ou percepção entre dois grandes blocos de questões ambientais: por uma parte a *degradação do meio* e por outro a *conservação dos recursos*. Agraso e Jiménez analisam as respostas de alunos de escola primária e secundária a um teste com perguntas abertas. Ao solicitar-lhes que citassem alguns dos problemas ambientais que lhes preocupam, 56% citaram problemas relacionados com a degradação, como *verter produtos tóxicos aos rios e mares*. Só 29% fez referência á conservação e gestão dos recursos naturais, sendo os problemas mais citados a desflorestamento (32,5%) e os incêndios florestais (25,3%). Ademais, é difícil saber se o alunado identifica estas questões como gestão dos recursos ou como um exemplo de degradação do meio.

As causas destas dificuldades na percepção poderiam relacionar-se com distintos fatores, entre eles os conteúdos da instrução ou a divulgação de determinados temas nos meios de comunicação. Desde um ponto de vista pessoal, o reconhecimento da própria responsabilidade em problemas como o dispêndio de recursos implicaria uma maior participação a nível da sua resolução, com os correspondentes custos em termos de esforço (ações de “alto custo”).

Nesta perspectiva, e para promover a responsabilidade e a competência ambientais sobre os recursos naturais, enquadra-se a unidade didática sobre os recursos pesqueiros. Trata-se de uma questão com uma grande carga afetiva e emocional, já que na Galícia a pesca é uma importante atividade econômica e muitas pessoas vivem, direta ou indiretamente, dela.

Ferramentas intelectuais para resolver o problema: idoneidade da aquíicultura

O objetivo deste trabalho é o planejamento de materiais didáticos e estratégias de aula para desenvolver no alunado as capacidades de elaborar opiniões fundamentadas e de tomar decisões sobre a gestão dos recursos pesqueiros. Em concreto, sobre o esgotamento dos bancos de pesca e a idoneidade da aquíicultura para solucionar este problema. Este problema, como outras questões sócio-científicas, tem dimensões científicas e também outras de caráter social e econômico. A interação entre o domínio de conceitos científicos e a reflexão sobre o impacto social, na tomada de decisões e na argumentação sobre questões sócio-científicas é objeto de debate. A questão sobre se há uma relação, por exemplo, entre o nível de conhecimentos conceituais e a qualidade da argumentação apresenta resultados diferentes em diversos estudos. Zohar e Nemet (2002) mostram que os estudantes de um grupo experimental aos que se ensinou explicitamente argumentação obtiveram melhores resultados, não só em argumentação, mas também na aprendizagem de conceitos de genética. Sadler e Zeidler (2005) observam que os estudantes com um conhecimento mais avançado de genética mostraram um raciocínio argumentativo de mais qualidade sobre questões sócio-científicas. Mas, relação não implica necessariamente correlação, e em outro estudo, Sadler e Donnelly (2006) propõem a noção de umbral (*threshold*), ou conhecimentos mínimos necessários para argumentar sobre uma questão sócio-científica, mas a partir da qual não sempre um aumento em conhecimentos vem acompanhado de um aumento na qualidade da argumentação. Nós concordamos com Sadler e Donnelly, e consideramos estes conhecimentos conceituais, no nosso caso sobre ecologia, como requisitos para poder raciocinar sobre o problema, mas não como garantia de resolvê-lo, nem como única dimensão do mesmo.

A pergunta que articula a unidade didática é a realização de um informe sobre a conveniência da construção de uma granja de cultivo de peixe em uma localidade determinada da costa galega, problema contextualizado que tem como substrato este problema geral:

Em que condições poderia utilizar-se a aquíicultura como medida para solucionar o problema da sobre-exploração pesqueira?

Para poder responder a pergunta, que aborda um caso concreto de gestão de recursos, é necessário discutir previamente uma série de questões que requerem a compreensão e uso de conceitos relacionados com o tema. Esta pergunta principal pode ser dividida em sub-questões, com a finalidade de clarificar duas noções básicas necessárias para entender o problema: sobre-exploração e aquíicultura, que discutimos a seguir.

Sobre-exploração pesqueira: O que chamamos sobre-exploração pesqueira? Quem ou o que é prejudicado pela mesma? Que conseqüências terá no futuro? Que medidas se poderiam tomar para evitá-la?

Para dar resposta a estas perguntas e desenvolver competências como a capacidade de elaborar conclusões a partir dos dados e provas disponíveis, é preciso tanto dominar ferramentas conceituais como destrezas argumentativas.

Um ponto de partida indispensável para abordar a noção de sobre-exploração é o conceito de *recurso*: Que são recursos naturais? Que são considerados recursos pesqueiros?

Considera-se como recurso tudo o que a humanidade obtém da natureza para satisfazer as suas necessidades básicas. Os recursos naturais são património de toda a humanidade e entre eles encontram-se por exemplo a água, as rochas, os combustíveis fósseis (como o petróleo, e o gás natural), a madeira ou os recursos pesqueiros (peixes, moluscos, crustáceos) entre outros.

É necessário distinguir entre recursos *renováveis* e *não renováveis*: entende-se como recurso renovável, aquele que em teoria não se esgota com a sua extração e que se regenera num período curto de tempo. São considerados renováveis, por exemplo a madeira, e os recursos pesqueiros, já que com um ritmo determinado de renovação as suas populações podem manter-se. Ao contrário, os combustíveis fósseis, como o petróleo, classificam-se nos recursos não renováveis, por esgotar-se a medida que se extraem, e por serem necessárias umas condições muito específicas e um longo período de tempo medido em milhões de anos para a sua formação.

Portanto na unidade didática levamos em conta que o alunado deve conhecer o que é um recurso natural, e distinguir entre recursos renováveis e não renováveis. Mas a noção de recurso renovável possui grande complexidade: Podem esgotar-se os recursos renováveis? Este é, na atualidade, o núcleo do problema da sobrepesca; os bancos de peixes são considerados como um recurso renovável, porém, é necessário sermos conscientes de que, sendo seres vivos, os organismos marinhos, nascem, crescem, reproduzem-se e morrem. Se os peixes são capturados antes de alcançar o tamanho e a maturidade sexual que permite a reprodução, como ocorre com muitas espécies na atualidade, as conseqüências para a população serão, além de o indivíduo não alcançar a idade adulta, que não aportará descendência á seguinte geração, provocando uma diminuição na mesma. No caso de isto repetir-se durante um período prolongado as populações dessa espécie diminuem, e podem chegar a desaparecer. De aqui que se propõe considerar a pesca como um recurso renovável, mas *esgotável*, se não se deixa o tempo necessário para a renovação das populações.

Uma pesquisa da FAO (2007) mostra que um 25% das populações de peixe estudadas, que foram objeto de seguimento no ano 2005, encontram-se infra-exploradas ou moderadamente exploradas e talvez poderiam produzir mais. Um 50% das populações estão plenamente exploradas e portanto as suas capturas acham-se nos seus limites máximos sustentáveis, sem possibilidade nenhuma de seguir aumentando. O 25% restante são populações sobre-exploradas, esgotadas ou em fase de recuperação do esgotamento, produzindo rendimentos inferiores devido á excessiva pressão pesqueira. Alguns exemplos de populações sobre-exploradas ou esgotadas são a pescada da plataforma continental galega, o arenque no mar Báltico ou a anchova no golfo de Biscaia.

Porém, outros recursos como a água ou o oxigênio, ainda que se utilizem de forma continuada nunca chegariam a esgotar-se; regeneram-se num ciclo continuo no tempo. Tanto a água como o oxigênio poderiam considerar-se como recursos renováveis e não esgotáveis. É preciso indicar que devemos prestar atenção á adequada gestão da água, já que a água é renovável, mas a água limpa e potável que necessita o ser humano para o seu consumo diário é um recurso escasso em muitas regiões do mundo.

A noção de recurso é uma ferramenta intelectual que o alunado deve mobilizar para abordar as questões relativas á sobre-exploração pesqueira: O que chamamos sobre-exploração pesqueira? Diz-se quando a exploração dum recurso (a pesca) é tão intensa que não permite a sua renovação, como nos casos da pescada, o arenque e a anchova citados antes. A sobre-exploração é o resultado dum excesso das atividades de pesca em comparação com os recursos disponíveis. Quem ou que é prejudicado pela mesma? Para abordar esta questão deve-se superar uma dificuldade do pensamento dos adolescentes, a tendência ao antropocentrismo. Mas as conseqüências diretas da sobre-exploração prejudicam em primeiro lugar aos estoques pesqueiros, ao diminuir as populações cada ano. Indiretamente é prejudicada a sociedade, dos pescadores que extraem o recurso até os consumidores que se alimentam dele. Porém na Galícia há um obstáculo para abordar estes problemas, a estendida percepção social de que os recursos pesqueiros são inesgotáveis e que as medidas para controlar a sobre-exploração prejudicam (economicamente) os pescadores. Na nossa opinião isto é devido a que não se tem em conta a sustentabilidade, o compromisso com as gerações futuras, para as quais é necessário preservar estes e outros recursos. Isto nos leva às questões das conseqüências da sobre-exploração pesqueira no futuro e as medidas a tomar para evitá-la. Se a exploração e o consumo continuarem no ritmo atual, no prazo de poucos anos muitas das populações dos peixes mais consumidos chegariam, ou a esgotar-se por

completo, ou a um estado de sobre-exploração tão extremo que a recuperação já não será possível. A solução ao problema da sobrepesca é uma adequada gestão dos recursos atuais, permitindo a sua renovação. Em termos de Gräsel (2000) esta gestão formaria parte das ações de alto custo, já que muitos setores deveriam renunciar a distintas coisas. Os pescadores pescariam menos e os seus salários diminuiriam, os armadores teriam menos benefícios, e os consumidores teriam o pescado mais escasso e mais caro.

No debate, argumentação e tomada de decisões na aula sobre este e outros problemas sócio-científicos, devem-se ter em conta as conexões entre ciência e sociedade (EIREXAS et al., 2007), as conseqüências sociais e econômicas de tomar uma ou outra opção.

A última pergunta para esclarecer a noção de sobre-exploração pesqueira é: Que medidas podem-se tomar para evitá-la? É necessário partir duma avaliação da situação dos recursos pesqueiros, e da sua gestão atual. Uma gestão adequada garantiria a preservação destes recursos para as futuras gerações, noutras palavras, uma gestão sustentável do mar. A gestão atual pode qualificar-se globalmente de inadequada ou não sustentável, pois se a sobre-exploração continua levará á extinção de numerosas espécies. Na atualidade estão-se levando a cabo três tipos de medidas de conservação: *planos de gestão e ordenação pesqueira*, *re-população* e *aqüicultura*, medidas que na unidade didática se analisam por parte do alunado, avaliando as suas implicações, tanto ecológicas quanto sociais.

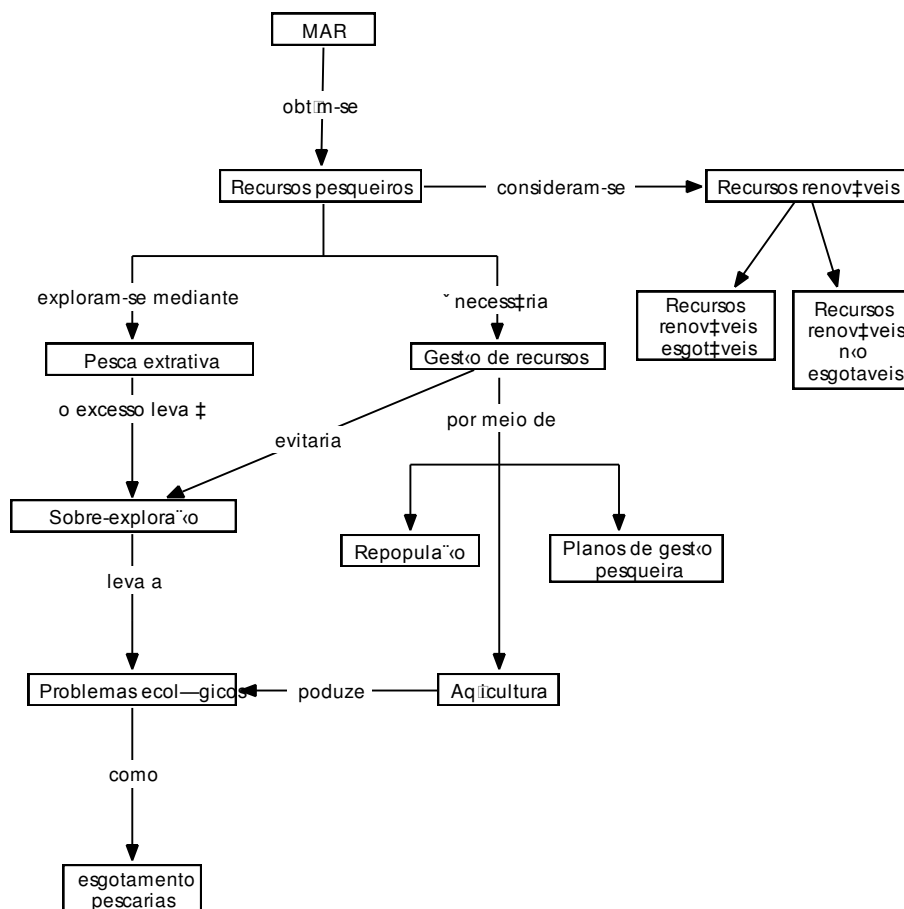
Os *planos de gestão e ordenação pesqueira* são normas emitidas pela administração, dirigidas a armadores e pescadores. Por exemplo o do Escritório de Pesca da Galícia tem o objetivo de “obter o máximo rendimento possível através duma exploração racional do recurso que seja compatível com a conservação das espécies e com o incremento do bem-estar comunitário” (XUNTA DE GALICIA, sem data). A sua colocação em prática demanda uma tomada de consciência social da gravidade do estado atual dos recursos marinhos, e o que poderia denominar-se uma re-educação de condutas. A União Européia pretende implementar medidas enquadradas nestes planos, entre outras:

- Estabelecer totais admissíveis de capturas (TAC), é dizer, limitar a quantidade máxima de peixes que pode ser retirada de uma unidade populacional específica num determinado período de tempo.
- Implementar medidas técnicas, tais como as malhas das redes, as artes de pesca seletivas, as áreas de defeso, os tamanhos mínimos de desembarque e os limites de capturas acessórias (outras espécies diferentes da procurada)

– Limitar o esforço de pesca, através da redução do número de dias que os barcos de pesca passam no mar.

A análise destas medidas pelo alunado demanda conhecimentos de noções como veda, taxa de capturas, tamanho mínimo, tamanho de primeira reprodução, ou artes de pesca legais e ilegais, e, sobretudo, ser conscientes de que o mar é um sistema complexo no qual seres vivos e meio estão inter-relacionados, e que uma mudança num fator produz mudanças em todo o sistema. Na figura 1 resumem-se algumas relações entre os conceitos discutidos.

Figura 1. Mapa conceitual da sobre-exploração de recursos pesqueiros.



A análise levada a cabo pelo alunado deve incluir tarefas com o objetivo de que tomem consciência de que eles mesmos como consumidores também jogam um papel no problema da sobrepesca, de que têm alguma responsabilidade em que medidas como estas sejam cumpridas ou

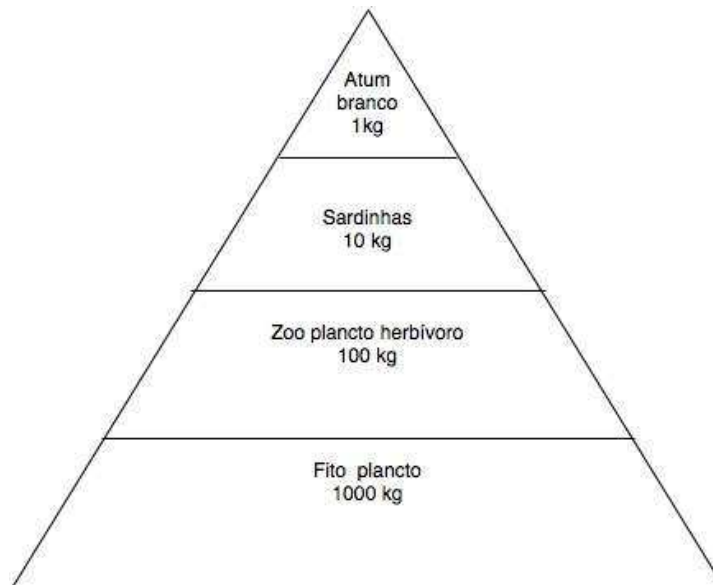
não. Sem a cooperação dos pescadores, em primeiro lugar, mas também de toda a sociedade, não podem ter sucesso.

Um segundo tipo de medida é a *re-população*, que consiste em introduzir de novo no ecossistema as espécies que estão diminuindo. Atualmente é objeto de pesquisa, e muitos dos alevinos procedem da cultura em granjas situadas em terra. Por exemplo, o Instituto Galego de Formação em Aqüicultura liberou, desde 2004, 15.000 alevinos de pregado nas rias galegas.

A medida que abordamos com mais detalhe na unidade é a *aqüicultura*. Para poder responder de forma argumentada á pergunta de se a aqüicultura é uma solução ao problema da sobre-exploração dos recursos pesqueiros, ou para a sua reformulação como em que condições seria uma solução, é necessário conhecer em que consiste a aqüicultura, que espécies são cultivadas e que efeitos tem.

Na Galícia a espécie mais cultivada é o pregado (*Psetta maxima*), do qual se produziram, em 2005, 4.700 toneladas, uns dois terços da produção mundial. É esta espécie o caso abordado na unidade didática. O pregado é uma espécie carnívora. Em liberdade alimenta-se, quando jovem de moluscos e crustáceos, e quando adulto de outros peixes e de cefalópodes (exemplos de cefalópodes são lulas e chocos). Em cultivo é alimentado com peixes ou farinha de peixe, bem como espécies procedentes de descartes pesqueiros (sem outro interesse comercial) ou pescados para este objeto.

Para os estudantes da escola secundária pode parecer irrelevante se o pregado é carnívoro ou herbívoro, porém desde o ponto de vista da pirâmide alimentar é fundamental. Quando uma espécie se alimenta de outra, por exemplo uma população de coelhos de erva, ou uma população de lobos, de coelhos, não toda a matéria e energia são aproveitadas. Ao contrário, no passo de um nível alimentar ao seguinte (dum produtor, como erva ou algas aos herbívoros; ou dos herbívoros aos carnívoros) perde-se aproximadamente um 90% tanto da matéria orgânica quanto da energia. Isto é devido a que o organismo consome parte delas nas suas próprias atividades, e também à energia que se dissipa como calor. Se de um nível a outro só passa o 10%, num exemplo simplificado em três níveis, produtor-herbívoro-carnívoro, de cada 100 unidades iniciais resultariam 10 no nível dos herbívoros e 1 no dos carnívoros. A figura 2 representa o exemplo da pirâmide do atum, no que seria precisa uma tonelada de fito plancto ao nível de produtores para obter um quilo de atum.

Figura 2. Pirâmide alimentar do atum.

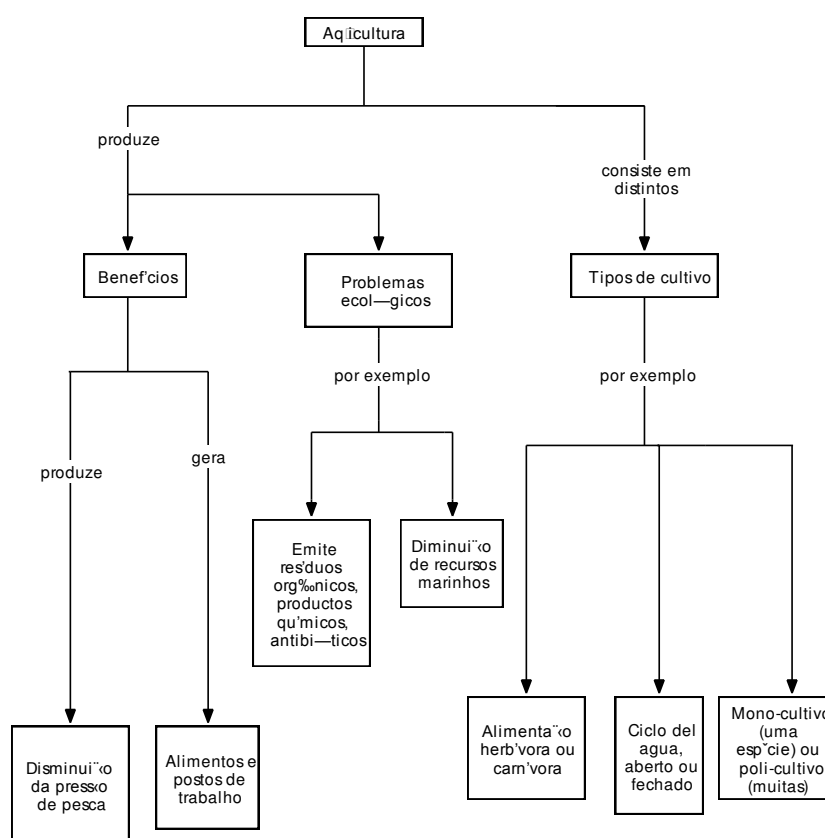
Portanto, partindo do conhecimento dos fluxos de matéria e energia na pirâmide alimentar, uma das questões que leva implícita a tarefa é se não seria mais adequado o cultivo de espécies herbívoras. O dilema não é tão simples como pode parecer a primeira vista. Desde o ponto de vista didático porque demanda mobilizar noções abstratas, como rede alimentar, pirâmide alimentar, ou fluxos de matéria e energia, o que causa dificuldades, mesmo ao alunado universitário, como mostra um trabalho em curso (BRAVO e JIMÉNEZ, em preparação). Como em todas as questões sócio-científicas, é necessário avaliar por um lado a eficiência ecológica, as conseqüências que tem para o ecossistema o uso de uma grande quantidade de peixes herbívoros destinados não a alimento dos seres humanos, senão dos peixes carnívoros. Na analogia utilizada por Jaime Meilán, seria como ter “granjas de leões”. Por outro lado, avaliar se um cultivo deste tipo é rentável. O pregado é cultivado pelo seu elevado preço no mercado. O dilema de fundo é se a aqüicultura deve ter como objetivo a preservação de espécies mais sobre-exploradas, e em conjunto dos recursos pesqueiros, ou se deve guiar-se unicamente pelos interesses econômicos.

Além da eficiência ecológica, o alunado deve ainda avaliar como as instalações de aqüicultura afetam o meio, onde vão parar os resíduos produzidos no processo de cultivo, por

exemplo restos orgânicos ou antibióticos, que conseqüências tem isto para os ecossistemas marinhos e para os habitantes do lugar.

Uma análise rigorosa deve considerar tanto os aspectos problemáticos da aqüicultura quanto os positivos, entre eles, que fornece alimentos a preço mais barato, os postos de trabalho gerados na construção e manutenção das instalações e, desde o ponto de vista ecológico, a diminuição da pressão de pesca sobre a espécie cultivada. A figura 3 mostra alguns pros e contras da aqüicultura.

Figura 3. Mapa conceitual de alguns prós e contras da aqüicultura.



Em resumo, o alunado precisa mobilizar um conjunto de conceitos científicos e as suas relações, noções sociais e hierarquias de valores para analisar o problema e as possíveis alternativas ou soluções. Sendo um problema tirado da vida real, não tem uma solução única, e para distintos setores sociais pode ter soluções diferentes e mesmo conflituosas. Adotar a perspectiva da sustentabilidade implica levar em conta as conseqüências, não só para grupos sociais, senão também para o meio marinho e para as gerações futuras.

Deve construir-se a granja de peixe? Problemas autênticos

Entendemos que os objetivos de aprendizagem das ciências são inseparáveis das finalidades relacionadas com a educação cidadã. Pretendemos que a sala de aula se constitua numa comunidade de produção de conhecimento (BROWN, 1992; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE e PEREIRO, 2002), onde os alunos e alunas têm um papel ativo, o que significa que resolvem problemas; coletam dados; geram respostas, informes ou outros produtos; discutem critérios para escolher entre distintas opções; sustentam as suas escolhas com justificações (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2007).

Neste enfoque, enquadrado numa perspectiva construtivista e crítica, são os alunos e alunas, trabalhando em pequenos grupos, quem devem gerar distintas soluções possíveis ou alternativas sobre como gerir os recursos pesqueiros, e em concreto avaliar os prós e contras de uma instalação de aquícultura, ou em que condições seriam os benefícios superiores às desvantagens. O problema colocado é *autêntico* (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2007), no sentido em que a) trata-se duma pergunta sem uma resposta óbvia e imediata, constituindo um verdadeiro problema; b) está contextualizado na vida real, de forma que o alunado pode perceber a sua relevância pessoal; c) demanda, para a sua resolução que os estudantes se impliquem em processos de indagação (*inquiry*), não é uma questão da que possa procurar-se a resposta num livro ou outra fonte secundária; d) está planejado para produzir uma variedade de respostas ou alternativas possíveis. De acordo com Pea (1993) esta diversidade corresponde a uma visão do conhecimento como socialmente construído, através de desafios produzidos por diferenças nas perspectivas.

Portanto, parte das atividades têm relação com a *coleta de dados e o processamento e avaliação de informações*. Entre os recursos disponibilizados para o alunado estão informes sobre as capturas anuais ao longo de vários anos, tanto em papel, como eletrônicos. Solicita-se do alunado que elabore gráficos sobre as capturas e predições sobre a situação das pescarias e populações de espécies concretas. O objetivo é identificar na prática as características de populações sobre-exploradas. Numa segunda fase destas atividades solicita-se a identificação de causas da situação das pescarias (com base nas atribuições por distintos atores, cientistas, políticos, pescadores), e predição das conseqüências futuras se não houver mudanças na evolução.

Parte das atividades têm relação com a *apropriação de conceitos* como ferramentas para resolver o problema. Uma destas atividades é uma simulação das conseqüências de distintos tipos de cultivos de plantas e de animais, segundo o seu objetivo seja alimentar diretamente aos seres

humanos ou servir de alimento a outras espécies. Pretende-se a mobilização dos conceitos de pirâmide alimentar e fluxos de matéria e energia.

Parte das atividades têm relação com a *educação para a sustentabilidade*, e a consciência, por parte do alunado, da responsabilidade pessoal de cada pessoa e setor na preservação dos recursos, dos custos das ações para preservar o meio. Entre as diferentes estratégias para abordar estes dilemas sócio-científicos, Simonneaux (2000) mostra que a argumentação é de melhor qualidade nos debates que nas interpretações de papéis (*role-play*). Trata-se neste caso de um debate estruturado, no que as equipes devem elaborar os seus informes e propostas tendo em conta os interesses dos distintos setores implicados, por exemplo, os pescadores, trabalhando com o caso concreto de um barco que pesca uma espécie (pescada) numa área onde, devido aos informes dos instituto oceanográfico, estabelece-se uma proibição da tarefa durante uma maré. Como parte do seu salário depende da porcentagem das capturas, isto tem efeitos econômicos. A equipe deve elaborar uma proposta que contemple argumentos para explicar a situação aos pescadores, para identificar como se podem beneficiar, no futuro, de ações prejudiciais a curto prazo. Sempre que é possível organiza-se antes ou depois do debate entre o alunado um encontro com especialistas e representantes de setores implicados, que podem ser oceanógrafos, ecologistas ou associações de pescadores.

As atividades finais levam à *tomada de decisões* ou escolha entre as diferentes alternativas elaboradas pelos pequenos grupos (por exemplo, distintos planos de gestão com mais ou menos redução de capturas; instalações de cultivo em determinadas condições; repopulação; combinações entre estas medidas). As propostas devem sustentar-se em análises dos seus aspectos positivos e negativos, das suas conseqüências ecológicas, econômicas e sociais. A *avaliação* de cada proposta pelos outros grupos deve sustentar-se em critérios. Finalmente avalia-se a própria atividade didática, e o alunado reflete sobre a sua aprendizagem nela, sobre a mudança suas opiniões (se é que se produziu) e as razões que levaram a ela.

Para concluir, deve-se sublinhar que a colocação em prática destas atividades de resolução de problemas autênticos e debates sobre dilemas sócio-científicos é trabalhosa. Demanda o envolvimento do professorado e alunado, a adoção de uma atitude ativa, de cooperação. Que o aluno, a aluna seja protagonista da sua própria aprendizagem demanda um papel muito específico do docente. E tudo isto demanda tempo, pois a construção e mobilização de conhecimentos que implicam dimensões científicas e sociais não é coisa de um instante. Nós cremos que os objetivos

da alfabetização científica para toda a cidadania, de transferência de conceitos á vida cotidiana e de educação na sustentabilidade bem merecem o esforço.

Agradecimentos

Trabalho financiado pelo Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) de Espanha, com financiamento parcial do European Regional Development Fund (ERDF), código SEJ2006-15589-C02-01/EDUC. O trabalho de Beatriz Bravo está financiado por uma bolsa FPI do MEC, código BES-2007-15075.

Referências

- AGRASO, M. F. & JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Percepción de los problemas ambientales por el alumnado: los recursos naturales. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 17, 91-105. 2003.
- AIKENHEAD, G. *Science education for everyday life: Evidence-based practice*, New York: Teachers' College Press, 2006
- BRAVO-TORIJA, B. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Better to eat carnivores or herbivores? Paper for the VII ERIDOB conference (em preparação).
- BROWN A. L. Design experiments: Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178, 1992.
- CARR, W. & KEMMIS, S. *Teoría Crítica de la Enseñanza. La investigación-acción en la formación del profesorado*. Barcelona: Martínez Roca, 1988.
- COLUCCI-GRAY, L., CAMINO, E., BARBIERO, G. & GRAY, D. From scientific literacy to sustainability literacy: an ecological framework for education. *Science Education*, 90, 227–252. 2006.
- EIREXAS, F., FEDERICO-AGRASO, M., JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. & GUTIÉRREZ, X. Un sistema de calefacción sustentable: decisiones sobre un problema auténtico. *Educatio*, 2007 (no prelo)
- FAO (Food and Agriculture Organization) *Examen mundial de la pesca y la acuicultura, parte 1. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2006*. Roma: 2007. p. 3-67.
- GIROUX, H. *Teoría y resistencia en educación*. México: Siglo XXI, 1992
- GRÄSEL, C. Closing the gap between knowledge and action. Some considerations for Environmental Education. En H. Bayrhuber & J. Mayr (Eds.). *Empirical Research on Environmental Education in Europe*, 2000, pp. 111-120. Münster: Waxmann.
- HABERMAS, J. *Teoría de la acción comunicativa*, vol II. Madrid: Taurus. 1999

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Designing argumentation learning environments. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer, 2007, pp. 89-113.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. & ERDURAN, S. Argumentation in science education: an overview. In S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer, 2007, pp. 3-27.

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(11), 1171–1190, 2002

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.

LÓPEZ RODRÍGUEZ, R. La integración de la educación ambiental en el diseño curricular: un estudio longitudinal en educación primaria. Tese doutoral. Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais. Universidade de Santiago de Compostela. 2001

LUCAS A. M. Science and Environmental Education: Pious hopes, Selfpraise and disciplinary chauvinism. *Studies in Science Education*, 7, 1-26. 1980 (traducido ao galego en *Adaxe*, 1992).

PEA, R. D. Distributed intelligence and designs for education. In G. Salomon (Ed.), *Distributed cognitions. Psychological and educational considerations*. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 1993, pp 47–87.

SADLER, T. & DONNELLY, L. A. Socioscientific argumentation: The effects of content-knowledge and morality. *International Journal of Science Education*, 28, 1463-1488, 2006.

SADLER, T. & ZEIDLER, D. The Significance of Content Knowledge for Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: Applying Genetics Knowledge to Genetic Engineering Issues. *Journal of Research in Science Teaching*, 89: 71- 93, 2005.

SIMONNEAUX, L. Como favorecer la argumentación sobre las biotecnologías entre el alumnado. *Alambique*, 25, 27-44, 2000.

SMYTH, J. Environment and Education: a view of a changing scene. *Environmental Education Research*, 1 (1), 3-20. 1995 [reeditado em EER, 2006, 12 (3-4), 247-264.] Xunta de Galicia, 2000? ” (consellería de pesca y asuntos marítimos)

XUNTA DE GALICIA: CONSELLERÍA DE PESCA E ASUNTOS MARÍTIMOS. *A ordenación e xestión da actividade pesqueira*. A pesca responsable na baixura, curso de formación para mariñeiros. Galicia: sem data. p. 117-150.

ZOHAR, A. & NEMET, F. Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39: 35-62. 2002

BEATRIZ BRAVO TORIJA é estudante de doutoramento no departamento de didática das ciências experimentais na Universidade de Santiago de Compostela (Espanha) e bolsista de FPI (Formação de pessoal investigador) do Ministério de Educação para colaborar no projeto de planeamento e avaliação de estratégias e tarefas que favorecem o desenvolvimento de competências científicas, interpretação de provas e crítica de argumentos. A sua formação de base é biologia com especialização em biologia marinha.

FINS EIREXAS SANTAMARÍA é licenciado em Geologia pela universidade de Oviedo (Espanha). Especializado em Didática da Geologia e da Biologia, atualmente desenvolve a sua tese de doutoramento no Departamento de Didática das Ciências Experimentais da USC (Universidade de Santiago de Compostela) sob a orientação da Profa. María Pilar Jiménez-Aleixandre. O seu âmbito de estudo é a argumentação e o uso de evidências pelo alunado em Geologia. Em paralelo, desenvolve o seu trabalho como diretor e educador ambiental na ONG ecologista galega ADEGA.

MARÍA PILAR JIMÉNEZ-ALEIXANDRE é catedrática de didática das ciências experimentais na Universidade de Santiago de Compostela (Espanha), e anteriormente foi docente de biologia na escola secundária. Desde 1994 a sua pesquisa está orientada para o estudo da argumentação e o uso de evidências pelo alunado da escola secundária em situação de sala de aula, partindo de unidades didáticas sobre problemas autênticos e questões sócio-científicas. As suas publicações mais recentes são o livro “Argumentation in Science Education, perspectives from classroom based research”, do qual é co-editora junto a Sibel Erduran. Também é autora de artigos publicados em Science Education, International Journal of Science Education, Environmental Education Research e Educação em Revista. Os seus trabalhos abordam a educação ambiental integrada na aprendizagem das ciências e o desenvolvimento do pensamento crítico.