



CONSTRUÇÃO E AVALIAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS PARA O ENSINO DE BIOLOGIA: UMA REVISÃO CRÍTICA DA LITERATURA

CONSTRUCTION AND EVALUATION OF TEACHING SEQUENCES FOR BIOLOGICAL EDUCATION: A CRITICAL REVIEW OF LITERATURE

**Lia Midori Meyer Nascimento¹,
Maria Daniela Martins Guimarães¹, Charbel Niño El-Hani²**

¹ Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UFBA/UEFS), emails:
liamidori@yahoo.com.br; bio.mariadaniela@gmail.com

² Departamento de Biologia Geral/Instituto de Biologia, UFBA. Programa de Pós-Graduação em
Ecologia e Biomonitoramento (UFBA), charbel.elhani@pesquisador.cnpq.br

Resumo

Este trabalho traz os resultados de uma revisão crítica de estudos nos quais seqüências didáticas voltadas para o ensino de Biologia são construídas e avaliadas. Constituiu uma premissa importante para a revisão a idéia de que a construção, aplicação e avaliação de seqüências didáticas mediante colaboração entre pesquisadores e professores é um meio de diminuir a lacuna pesquisa-prática no ensino de ciências. A análise enfocou as propostas e modos de avaliação das seqüências; os resultados obtidos; a validação das seqüências, de acordo com Méheut; e a avaliação dos estudos de caso, partindo das considerações de Stake. O levantamento feito em bases de referências resultou em apenas 5 estudos com as características buscadas. As seqüências tratavam de conteúdos relacionados à respiração celular, fotossíntese e botânica. Em geral, os trabalhos não discutiam resultados obtidos no processo de aplicação da seqüência, mas apenas resultados relativos ao produto final da aprendizagem. Houve predomínio de interpretações dos pesquisadores na avaliação das seqüências. As seqüências foram validadas, na maioria, a partir do que Méheut considera validação interna. Os achados desta revisão mostram a importância de ampliar os estudos focados na construção e avaliação de seqüências didáticas, bem como de atentar para investigar o processo, e não somente o produto de sua aplicação, usando critérios metodológicos apropriados.

Palavras-chave: Seqüências didáticas; Ensino de Biologia; Lacuna pesquisa-prática.

Abstract

This paper reports the results of a critical review of studies in which teaching sequences for biology teaching have been built and evaluated. An important premise of the review was the idea that the construction, application, and evaluation of teaching sequences through collaboration between teachers and researchers is a means for bridging the research-practice gap in science education. The analysis focused on the proposals and modes of evaluating the sequences; the results; the validation of the sequences, according to Méheut; and the evaluation of case studies, following Stake's considerations. The survey in reference databases resulted in only 5 studies with the intended characteristics. The sequences addressed contents related to cell respiration, photosynthesis, and botany. In general, the works did not discuss results obtained in the process of applying the sequence, but only products related to the final learning product.

Interpretation provided by the researchers themselves prevailed in the evaluation of sequences. Most of the sequences were validated through internal validation, in Méheut's terms. The findings of this review show the importance of increasing the number of studies focused on constructing and evaluating teaching sequences, as well as of attempting to investigate the process, and not only the product of their application, using adequate methodological criteria.

Keywords: Teaching sequences; Biology teaching; Research-practice gap.

INTRODUÇÃO

Um dos problemas percebidos em várias áreas de pesquisa, incluindo a pesquisa em ensino de ciências, é a chamada lacuna pesquisa-prática (PEKAREK, KROCKOVER & SHEPARDSON, 1996; KENNEDY, 1997; McINTYRE, 2005). Torna-se necessário, assim, discutir maneiras de diminuir o distanciamento existente entre as pesquisas realizadas na área de ensino de ciências e as práticas dos professores de ciências em salas de aula.

McIntyre (2005) apresenta argumentos que capturam um aspecto essencial das dificuldades nas tentativas de aproximar a pesquisa em educação das práticas docentes. Ele considera que interpretações comuns do problema não se acercam da dificuldade principal no processo de aproximação entre pesquisa e prática. Nessas interpretações comuns do problema, ou os professores são responsabilizados, por supostamente não terem interesse em inovar suas práticas, ou os pesquisadores o são, por limitarem-se às torres de marfim das universidades. No entanto, se as análises forem aprofundadas, passando além da usual busca por culpados, pode-se chegar ao entendimento de que se trata da tentativa de aproximação de duas formas bastante distintas de conhecimentos. Ou seja, de um ponto de vista epistemológico, o conhecimento construído pelos professores em suas salas de aula é um conhecimento particularizado, de tom marcadamente pessoal, um saber docente que cada professor desenvolve em sua experiência de modo a lidar satisfatoriamente com os dilemas e desafios que se apresentam no cotidiano das suas aulas. Por sua vez, o conhecimento produzido pela pesquisa é, pelos próprios critérios e práticas epistêmicas da ciência, um conhecimento generalizado, que abstrai das situações particulares o que há de comum entre elas, e, desse modo, se afasta da prática, podendo lançar, inclusive, uma nova luz sobre elas. Assim, para McIntyre, a melhor maneira de entender estas duas formas de conhecimento é tomá-las como extremos de um contínuo, que apresenta, de um lado, o conhecimento prático dos professores e, de outro, o conhecimento teórico generalizado produzido pelos pesquisadores educacionais. Desse modo, o desafio ao tentar superar a lacuna pesquisa-prática, é o de realizar um movimento ao longo desse contínuo, encontrando formas de diálogo entre essas duas formas de conhecimento.

Este não é, contudo, apenas um movimento que professores devem fazer para buscar resultados da pesquisa. Trata-se também da necessidade de um movimento dos pesquisadores rumo às situações concretas das salas de aula. Podemos identificar, então, duas maneiras de aproximar os dois conhecimentos em questão: de um lado, estimular professores a se deslocarem das particularidades de seu saber docente, focado em suas experiências pessoais, para a articulação e o pensamento reflexivo sobre este conhecimento e suas práticas, e, finalmente, para a pesquisa-ação em sala de aula, incorporando nesse processo conhecimentos baseados na pesquisa; e, de outro lado, provocar pesquisadores para o desenvolvimento de sugestões para a incorporação de práticas baseadas em resultados de pesquisa no ensino, mediante o trabalho colaborativo

com professores em pesquisa-ação na sala de aula. Neste processo, tanto pesquisadores quanto professores poderão ter seus conhecimentos e práticas transformados.

Acreditamos que estes movimentos podem ser feitos de modo mais fácil e natural por meio de um trabalho em conjunto entre pesquisadores e professores, em equipes de pesquisa não hierarquizadas, que elaborem, apliquem e avaliem seqüências didáticas nas condições naturais de salas de aula, levando sempre em conta o conhecimento docente. A partir da divulgação dos resultados encontrados, com a disponibilização do material produzido e utilizado, podemos encontrar formas produtivas de diminuir a lacuna pesquisa-prática.

Foi a partir desse posicionamento que surgiu nosso interesse de focar a construção e avaliação de seqüências didáticas em colaboração com professores, no contexto de uma comunidade de práticas (WENGER, 1998) que reúne pesquisadores, professores, licenciandos e estudantes de graduação e pós-graduação. O primeiro passo para a construção de tal pesquisa foi realizar uma revisão crítica da literatura, enfocando o que já foi produzido sobre pesquisas que propõem, aplicam e avaliam seqüências didáticas para o ensino de biologia.

De acordo com Stake (1995), todo estudo de avaliação constitui um estudo de caso. Desta forma, os trabalhos que aplicam seqüências didáticas, por sua natureza avaliativa, devem ser considerados estudos de caso. Stake explica que, nesse tipo de estudo, o pesquisador atua como um avaliador e, para isso, deve escolher critérios específicos ou uma série de interpretações que lhe permitam acessar o alcance, a fragilidade, o sucesso e a deficiência do estudo. Ele ressalta o papel das interpretações do próprio pesquisador na avaliação de um estudo de caso, uma vez que elas constituem a maior parte da pesquisa. Dependendo da escolha do pesquisador, os critérios e interpretações podem privilegiar um aspecto mais quantitativo – que frequentemente enfatiza critérios de produtividade e efetividade, medidos em escalas – ou aspectos mais qualitativos – que enfatizam a qualidade das atividades e do processo, que são retratados em descrições narrativas e afirmações interpretativas. Entretanto, independentemente da escolha do pesquisador quanto à forma de avaliação do estudo, o fundamental é que o leitor entenda o mérito do caso (STAKE, 1995).

Além das interpretações do pesquisador, Stake também considera que as interpretações dos sujeitos estudados devem ser consideradas, uma vez que esses sujeitos, na condição de atores do estudo, podem fornecer interpretações e observações críticas. Dessa forma, diferentes visões do que se está investigando, o que o autor chamou de “múltiplas realidades”, são acessadas. Ao serem consideradas essas múltiplas realidades, o pesquisador tem a chance de triangular as interpretações, o que é importante para se confirmar e aumentar a credibilidade das interpretações. Em nossa revisão, essas considerações de Stake (1995) sobre como avaliar um estudo de caso foram úteis para discutirmos os modos como as seqüências didáticas foram avaliadas.

Para a elaboração e validação de uma seqüência didática, Méheut (2005) apresenta critérios de justificação *a priori* e de validação *a posteriori* ou empírica. Os critérios de justificação *a priori* têm como objetivo tornar a seqüência clara, incluindo, para ele, três dimensões para análise: 1) uma dimensão epistemológica, relacionada aos conteúdos a serem aprendidos, aos problemas que eles podem resolver, e à sua gênese histórica; 2) uma dimensão psicocognitiva, que analisa as características cognitivas dos estudantes; 3) uma dimensão didática, que analisa as restrições do próprio funcionamento da instituição de ensino (programas, cronogramas etc.). Já os critérios de validação *a posteriori* de uma seqüência didática consideram dois pontos de vista diferentes, mas complementares: o primeiro é uma avaliação externa ou comparativa, realizada através de pré- e pós-testes, a fim de comparar os efeitos da seqüência didática, em relação ao ensino tradicional; o segundo é a validação interna, realizada

através da análise dos efeitos da seqüência didática em relação aos seus objetivos, por exemplo, comparando-se as “vias de aprendizagem” que os estudantes efetivamente desenvolvem através da seqüência didática com vias de aprendizagem esperadas, conforme caracterizações prévias.

Em particular, os critérios de validação *a posteriori* de Méheut (2005) são interessantes em nossa revisão, na medida em que nos fornecem uma referência para discutir como as seqüências didáticas foram validadas através de sua aplicação. Nos trabalhos publicados, é geralmente difícil colher informações seguras, contudo, sobre os critérios de validação *a priori*.

METODOLOGIA

Para a realização da revisão de literatura de trabalhos que propunham e avaliavam seqüências didáticas, foi feita uma busca em uma das principais bases internacionais de trabalhos acadêmicos na área da educação científica (ERIC, <http://www.eric.ed.gov/>), amplamente utilizada em pesquisas nesta área, com a seguinte combinação de palavras: Biology teaching sequence*. Também foi realizada uma busca na base SciELO (<http://www.scielo.org/>), com as seguintes combinações de palavras: 1) Sequência didática biologia; 2) Sequência ensino biologia.

Os artigos resultantes das pesquisas foram obtidos e analisados, buscando-se identificar os que realmente tratavam da construção e da avaliação de seqüências didáticas na área de ensino de biologia. Somente os trabalhos selecionados após essa análise foram considerados para a revisão de literatura. Além disso, foram incluídos alguns artigos que foram obtidos em buscas anteriores, realizadas para outros projetos de pesquisa, mas que se mostraram pertinentes à pesquisa atual.

Na discussão dos artigos, a atenção esteve focada na construção e na avaliação da seqüência didática, nos resultados obtidos, na forma como as seqüências foram validadas, e na forma como os pesquisadores avaliaram o seu estudo de caso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Levantamento dos artigos

Na busca por artigos na base ERIC, utilizando-se a combinação de palavras ‘Biology teaching sequence*’, foram encontrados 141 trabalhos. Já na busca na base SciELO, com as combinações ‘Sequência didática biologia’ e ‘Sequência ensino biologia’, nenhum trabalho foi encontrado.

Dessa forma, os primeiros resultados foram apenas os 141 trabalhos obtidos pela busca na base ERIC e, desses, apenas 2 eram artigos que propunham e avaliavam seqüências didáticas, citados a seguir:

- KRANTZ, P.D.; BARROW, L.H. Inquiry with Seeds to Meet the Science Education Standards. **American Biology Teacher**, v. 68, n. 2, p. 92-97, 2006.
- PATRO, E.T. Teaching Aerobic Cell Respiration Using the 5Es. **American Biology Teacher**, v. 70, n. 2 p. 85-87, 2008.

Considerando outros levantamentos realizados em projetos de pesquisa anteriores, mais 3 artigos foram incluídos na seleção atual:

- FRONER, D.; BIANCHI, V.; ARAÚJO, M.C. P. Fotossíntese e Respiração: conceitos biológicos, físicos e químicos resignificados na 8ª série do ensino fundamental. In: ENCONTRO REGIONAL SUL DE ENSINO DE BIOLOGIA, 2., 2006, Florianópolis.

Anais eletrônicos... Florianópolis: Associação Brasileira de Ensino de Biologia, 2006. Disponível em: < http://www.erebiosul2.ufsc.br/trabalhos_arquivos/comunicacoes%20fotossintese.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2009.

- ROSS, P.M.; TRONSON, D.A.; RITCHIE, R.J. Increasing Conceptual Understanding of Glycolysis & the Krebs Cycle Using Role-Play. **American Biology Teacher**, v. 70, n. 3, p. 163-168, 2008.

- LEACH, J.; AMETLLER, J.; HIND, A.; LEWIS, J.; SCOTT, P. Designing and evaluating short science teaching sequences: improving student learning. In: BOERSMA *et al.* (Ed.). **Research and the quality of science education**. Springer, 2005. p. 209-220.

Discussão dos artigos selecionados

Froner, Bianchi e Araújo (2006) apresentam o resultado de uma pesquisa-ação conduzida por professores de ciências naturais universitários, professores do município onde a pesquisa foi realizada e licenciandos que, reunidos para debater a problemática das abordagens de conceitos químicos e físicos dissociadas de conteúdos biológicos e de fenômenos do cotidiano dos estudantes de 8ª série do ensino fundamental, construíram e avaliaram uma sequência didática sobre fotossíntese e respiração. O objetivo dessa proposta é que o ensino da fotossíntese e respiração - conteúdos da biologia aprendidos em séries anteriores - possibilite a aquisição e o uso da linguagem química através da introdução de experimentos e fatos do cotidiano do estudante. A sequência foi aplicada por duas professoras, uma com formação em biologia e outra com formação em química. As autoras descrevem brevemente as etapas da sequência que são compostas de nove atividades bastante variadas, como: revisão sobre o tema em livros de ciências, entrevista, elaboração de maquetes, confecção de painéis, apresentação oral dos estudantes, aula teórica e experimentos ao ar livre e em laboratório. As atividades descritas englobam conhecimentos de biologia, química e física. Entretanto, o papel do professor e dos estudantes nessas atividades não é explorado. Também não há descrição de atividades de avaliação dos estudantes sobre o tema.

O artigo de Ross, Tronson e Ritchie (2008), parte da observação da dificuldade dos estudantes em compreender os conteúdos de respiração celular e metabolismo, para propor uma sequência didática sobre glicólise e ciclo de Krebs, utilizando o método do *role-play*. Este método, de acordo com os autores, facilita o aprendizado porque possibilita que os estudantes criem suas próprias imagens mentais do conteúdo uma vez que eles próprios atuam em uma dinâmica de representação. O objetivo da sequência é fornecer aos estudantes uma imagem visual dos processos de glicólise e do ciclo de Krebs, relacionando-os às estruturas microscópicas e à própria célula que atuam no processo. Para isso, é realizada uma dinâmica que simula esses dois processos, em que os próprios estudantes e os elementos da sala de aula, como mesas e cadeiras, atuam como moléculas e a sala de aula é a célula. A explicação da sequência é dada passo a passo com ênfase no papel primordial do professor como guia da dinâmica. Os autores tecem comentários durante os passos da sequência, chamando a atenção para a necessidade de fornecer algumas explicações sobre o conteúdo e de se realizar debates com os estudantes em momentos específicos, e para o uso de materiais didáticos de suporte. Os autores também chamam atenção para o fato de que, durante a dinâmica, os professores conseguem ter um retorno imediato sobre o nível do conhecimento de cada indivíduo. Após a realização da dinâmica, os estudantes devem construir, individualmente ou em grupo, um mapa conceitual dos processos com objetivo de

consolidar e revisar o que eles aprenderam até então. Na aula seguinte, os estudantes devem apresentar os seus mapas conceituais em sala para discutir com os colegas.

Em função de dois dos artigos da revisão terem utilizado o método do ciclo de aprendizagem do 5E - Krantz e Barrow (2006) e Patro (2008) - optamos por explicá-lo antes de comentarmos as sequências propostas. O método do 5E foi descrito por Bybee *et al.* (1989 apud PATRO, 2008), e se baseia em uma visão construtivista da educação, que visa possibilitar um papel mais ativo dos estudantes no processo de aprendizagem. Esse método é composto por 5 fases: engajamento – cujo propósito é introduzir o assunto de modo a cativar a atenção dos estudantes; exploração – oferece a oportunidade dos estudantes explorarem o assunto; explicação – são fornecidas maiores descrições do assunto; elaboração – encoraja os estudantes a investigarem mais profundamente o assunto; e avaliação (*evaluation* em inglês) – fornece um meio de acessar a aprendizagem do aluno (PATRO, 2008).

Com base em uma atividade prática de produção do ciclo de vida de uma planta desde a semente, Krantz e Barrow (2006) utilizaram o método 5E com o propósito de abordar tópicos de botânica, relacionados ao ciclo de vida, a estrutura e as necessidades das plantas, suas relações ecológicas, a importância do sol e a sua reprodução. A sequência didática é direcionada para estudantes de um curso que forma professores do nível fundamental, visando a sua formação em botânica e a sua preparação para conduzir atividades de investigação em sala de aula. Os autores explicam cada passo da sequência seguindo as fases do método do 5E. As atividades são descritas com maior ênfase no papel do estudante, os passos que devem seguir para realizar o experimento e as atividades paralelas. O papel do professor é pouco explorado. A sequência é basicamente prática, não há relato de aula expositiva. A avaliação é feita com base nos registros realizados ao longo do experimento, incluindo as descobertas descritas pelo estudante, a formulação de hipóteses e as suas mudanças conceituais. Todos esses registros são compilados em um relatório formal de laboratório no final do experimento, incluindo a apresentação dos dados, a metodologia usada e as conclusões alcançadas. Além disso, os estudantes também realizam outras pesquisas com sementes em diferentes contextos. Os autores apresentam um quadro geral identificando cada fase do ciclo do 5E com as habilidades que se espera que o estudante desenvolva, e com a etapa correspondente da experiência, que permite avaliar o desempenho do estudante ao longo da sequência.

Em seu artigo, Patro (2008), utilizou o método 5E de ensino para construir e avaliar uma sequência didática sobre respiração celular para o ensino médio, com duração de sete dias. O autor explica qual a atividade a ser desenvolvida em cada dia, dentro de cada fase do método do 5E. Ele foca a atitude e o papel do professor em cada passo, explicando o objetivo da atividade, os benefícios que oferece para o aprendizado do estudante e de que forma a atividade permite a avaliação do professor. Ao longo da sequência são sugeridas atividades que utilizam diferentes materiais como: vídeo, construção manual de modelos, realização de experimentos e exercícios. A participação dos estudantes é encorajada todo o tempo, seja respondendo a perguntas direcionadas pelo professor, participando de atividades em pequenos grupos, explicando o conteúdo aos colegas e até mesmo durante a aula expositiva, a fim de possibilitar uma participação ativa do estudante na construção do seu aprendizado. Ao final da sequência, como forma de avaliação, os estudantes, divididos em dois grupos, devem produzir um fluxograma com as etapas da respiração celular na forma de pôster a ser apresentado oralmente. Também são fornecidos aos estudantes os critérios de avaliação do pôster, a fim de guiá-los na sua confecção e na apresentação.

Leach e colaboradores (2005) relatam um estudo que teve como objetivo fornecer evidências sobre a viabilidade de melhorar a aprendizagem dos estudantes,

através da possibilidade da construção de curtas sequências de ensino. O estudo consistiu de duas fases: a *fase de desenvolvimento* e a *fase de transferência*. Na *fase de desenvolvimento*, grupos de pesquisadores e professores trabalharam juntos para elaborar, aplicar e avaliar três pequenas sequências de ensino – uma em química, outra em biologia e a terceira em física; e durante a *fase de transferência*, duas das sequências, as de biologia e de física, foram aplicadas por 11 professores que não estavam envolvidos na sua elaboração. Os trabalhos foram realizados por uma equipe de pesquisa que trabalhou em colaboração com 9 professores (3 de biologia, 3 de química e 3 de física), e as sequências de ensino foram pensadas com duração de cerca de 6 horas cada uma e direcionadas para estudantes com idades entre os 11 e 15 anos. Os focos das sequências de ensino foram: uma introdução às idéias sobre a nutrição vegetal, o processo de mudança de modelagem em termos de um modelo de partícula simples de matéria, e idéias introdutórias sobre os circuitos elétricos. Segundo os autores, esses temas foram escolhidos com base no fato de que existe um corpo significativo de pesquisas empíricas sobre a aprendizagem dos estudantes em cada uma dessas áreas, junto ao fato de que esses estudos descrevem o desenho e a avaliação das abordagens pedagógicas. O trabalho utiliza a perspectiva sócio-construtivista da aprendizagem e dá atenção especial para as diversas abordagens comunicativas na sala de aula. Além disso, foram analisadas as demandas particulares de aprendizagem, já que as atividades foram planejadas para lidar com essas demandas. As aplicações das sequências didáticas foram avaliadas através da comparação das respostas às perguntas-diagnósticas – que foram respondidas antes, imediatamente após e várias semanas depois da aplicação. Ecd ainda, os estudantes das classes que seguiram a forma de abordagem regular da escola, também foram submetidos aos mesmos testes, para a obtenção das informações de referência.

Ainda, Leach e colaboradores (2005) apresentam uma série de passos que foram seguidos durante a elaboração das três sequências de ensino: (1) Análise do conteúdo do tema, com atenção especial para os requisitos do programa oficial relativo ao nível de escolaridade trabalhado; (2) Revisão de literatura sobre ensino e aprendizagem dos conteúdos a serem trabalhados; (3) Identificação das demandas da aprendizagem através da avaliação das diferenças entre o entendimento dos estudantes sobre um conceito específico; (4) Especificação das metas de ensino para a sequência, que podem ser estabelecidas a partir das demandas de aprendizagem identificadas; (5) Concepção das atividades, que devem ser direcionadas para os objetivos da sequência de ensino; (6) A sequência de ensino começa e termina com os estudantes respondendo às questões diagnósticas.

Resultados da aplicação das sequências didáticas

Froner, Bianchi e Araújo (2006) discutem o que ocorreu durante as atividades da sequência a partir de falas das professoras que a aplicaram. Em sua maioria, essas falas tratam da reação dos estudantes em relação à atividade. De um modo geral, as atividades foram bem aceitas pelos estudantes, que participaram com entusiasmo. As impressões das professoras se mostraram positivas, mas chamam a atenção para o fato de que uma nova proposta gera certa insegurança e para o fato de que o início da aplicação da sequência foi um pouco tumultuado. As autoras trazem também seus próprios comentários sobre cada atividade, considerando o aprendizado que cada uma delas pode promover, seus aspectos positivos e os desafios que colocam ao professor e ao estudante.

Ross, Tronson e Ritchie (2008) não discutem os resultados de cada passo da dinâmica que propõem, apesar de considerarem que as atividades permitem um retorno

imediatamente sobre o conhecimento dos estudantes durante a dinâmica. Entretanto, eles apresentam em uma tabela algumas das respostas dos estudantes para a questão sobre qual característica da sequência se mostrou mais valiosa para a sua aprendizagem. Essa questão fazia parte de uma das avaliações finais dos estudantes. Na tabela, é possível perceber como os estudantes avaliam a sequência. Eles se mostraram empolgados com a experiência, e relatam que conseguiram compreender conceitos que não conseguiam com a aula tradicional; que conseguiram manter a atenção na aula por mais tempo; e que conseguiam lembrar dos conceitos ao recordar a dinâmica do *role-play*.

O artigo de Krantz e Barrow (2006) não traz uma discussão sobre os resultados da sequência didática que propõe. Apenas o resultado de uma atividade realizada no início da sequência aparece em uma figura. O resultado da atividade final de avaliação não é apresentado. Ao longo da explicação da sequência, as habilidades que se espera que o estudante realize são apresentadas, entretanto, não há qualquer discussão sobre o que ocorreu durante a aplicação da sequência. O artigo foca a proposta da sequência didática e não a sua aplicação. Também não há no artigo uma discussão sobre a vantagem de se utilizar essa sequência em detrimento da aula tradicional.

Apesar de descrever cada passo da sua proposta de sequência didática, ressaltando a importância das atividades propostas e a possibilidade de avaliar os estudantes ao longo da aplicação da sequência, Patro (2008) não relata os resultados, a reação e desempenho dos estudantes, os aspectos positivos e negativos observados em cada um desses passos. Nem mesmo o resultado da atividade de confecção de um pôster proposta como avaliação, realizada no último dia da sequência, é relatado pelo autor. Entretanto, Patro (2008) apresenta um resultado nas conclusões do artigo em relação ao desempenho final dos estudantes no teste da unidade. O desempenho dos estudantes no teste da unidade referente à respiração celular melhorou com a utilização do método do 5E: 86% de notas B, em comparação com 80,8% de notas C da turma em que foi empregado o método tradicional. Além disso, segundo o autor, os estudantes se mostraram mais interessados na medida em que passaram a desempenhar um papel mais ativo no seu próprio aprendizado.

Leach e colaboradores (2005) realizaram pré-teste, pós-teste e teste de retenção, com um sistema de codificação para as respostas dadas pelos estudantes. Nesses testes, as questões foram divididas em duas partes: na primeira, os estudantes fazem uma previsão de algum tipo, dentro do conteúdo da sequência trabalhada; e na segunda, é dada a oportunidade para que os estudantes expliquem a sua previsão. Daí, a previsão que cada um fez e a consistência de suas explicações foram comparadas às respostas dos estudantes das classes que tiveram as aulas seguindo o programa usual da escola. Os resultados de cada estudante foram calculados através do número total de questões incluídas em cada teste e apresentados em tabelas, separadas para cada uma das sequências de ensino e identificando cada uma das duas fases da pesquisa – a *fase de desenvolvimento* e a *fase de transferência*. De acordo com os resultados obtidos, os estudantes que passaram pelas atividades das sequências de ensino tiveram um desempenho significativamente melhor do que os estudantes que seguiram o programa regular da escola. Assim, os autores concluíram que é possível elaborar curtas sequências de ensino em ciências, com base em pesquisa e no conhecimento sobre ensino e aprendizagem de ciências, que podem ser usadas mesmo por professores que não tenham participado da sua elaboração, resultando em ganhos significativos para os estudantes, no que diz respeito à compreensão de conceitos científicos.

Avaliação dos estudos de caso

Como se verificou na seção anterior, quatro dos cinco artigos considerados nessa revisão utilizaram um aspecto qualitativo – a interpretação do pesquisador - como forma de avaliar o seu estudo de caso (FRONER, BIANCHI e ARAÚJO, 2006; KRANTZ e BARROW, 2006; PATRO, 2008; ROSS, TRONSON e RITCHIE, 2008). De acordo com Stake (1995), não só nos estudos de caso, mas nos estudos qualitativos em geral, a interpretação do pesquisador é uma ferramenta muito importante de avaliação. Esse autor afirma que o estudo de caso é uma pesquisa subjetiva e altamente pessoal, na medida em que se baseia grandemente na experiência anterior do pesquisador e no seu senso de valor das coisas, e que por isso, os pesquisadores são inclusive encorajados a incluir as suas perspectivas pessoais nas interpretações.

No entanto, observamos que as interpretações dos pesquisadores, de uma forma geral, se restringiram aos aspectos positivos da aplicação da sequência didática, ignorando as suas possíveis deficiências. Segundo Stake, estudos de caso de avaliação buscam verificar os méritos e os defeitos do caso. Portanto, levantar deficiências de uma sequência didática é parte desse tipo de estudo e, ao invés de desmerecê-lo, pode antes revelar os seus limites de aplicação e pode também apontar para uma possível superação desses limites. Além disso, a avaliação dos estudos se deu em relação ao produto final da aplicação das sequências didáticas – os autores, no final do estudo, concluíam: a sequência didática se mostrou positiva – ou seja, não houve uma avaliação durante o processo da sua aplicação, ao longo da realização das atividades propostas pelas sequências didáticas, ainda que em alguns estudos se ressaltasse a possibilidade de avaliar a sequência em pontos específicos da sua aplicação (KRANTZ e BARROW, 2006; PATRO, 2008; ROSS, TRONSON e RITCHIE, 2008).

Em dois estudos (FRONER, BIANCHI e ARAÚJO, 2006; ROSS, TRONSON e RITCHIE, 2008), além das interpretações dos pesquisadores, são também levadas em conta as interpretações e observações do sujeito do estudo. Froner, Bianchi e Araújo (2006) expõem as opiniões das professoras que aplicaram a sequência didática, através das suas falas, considerando-as na avaliação do estudo. Ross, Tronson e Ritchie (2008) trazem as impressões dos estudantes através das suas falas durante uma entrevista. Essas falas dos estudantes também são usadas para fundamentar a avaliação positiva da aplicação da sequência pelos pesquisadores. As interpretações dos sujeitos do estudo são consideradas importantes por Stake (1995), na medida em que, além de possibilitarem a interpretação de uma mesma situação a partir de diferentes visões, também possibilitam a triangulação das interpretações, a fim de minimizar as más interpretações do pesquisador.

Em dois artigos, a avaliação do estudo utilizou critérios quantitativos: Leach e colaboradores (2005) e Patro (2008). Leach e colaboradores (2005) utilizaram um sistema de codificação para as respostas dos estudantes dadas nos pré e pós-testes e nos testes de retenção. Patro (2008), além da avaliação qualitativa discutida acima, também avaliou o seu estudo a partir das notas dos estudantes, submetidos à sequência didática proposta, na prova da unidade em comparação com as notas obtidas com a aula tradicional.

Dos critérios para elaboração e validação de sequências didáticas, segundo Méheut (2005)

A sequência didática discutida por Froner, Bianchi e Araújo (2006) é avaliada do ponto de vista do que Méheut (2005) chamou de validação interna, ou seja, considerando os efeitos da sequência didática. Esse efeito, considerado a partir de falas das professoras que aplicaram a sequência, aponta para a sua eficiência. De acordo com uma das professoras, os estudantes estão aprendendo, a sequência é produtiva, mas ela também

relata que ainda há ajustes a serem feitos, apesar de não detalhar quais ajustes. Além disso, as autoras relatam que de acordo com os depoimentos das professoras, essa experiência lhes permitiu reestruturar aulas de séries anteriores. As autoras também discutem que o contexto surgiu da necessidade de se repensar o ensino de fotossíntese e respiração, levando em conta o diagnóstico de dificuldade dos estudantes, observado pelas professoras em sua prática de ensino, em relacionar conceitos químicos e físicos com conteúdos de biologia previamente aprendidos e com o seu cotidiano. Isso pode ser considerado como uma justificação *a priori*, em que aparecem as dimensões psico-cognitivas e didática, de acordo com o apontado por Méheut.

Não há no estudo de Ross, Tronson e Ritchie (2008) pré e pós-testes, entretanto, se forem consideradas as impressões dos próprios estudantes que participaram da dinâmica, como os autores consideram, pode-se reconhecer o que Méheut (2005) chama de validação *a posterior* dos tipos interna e externa. Os autores relatam os resultados de entrevistas realizadas com estudantes que participaram da mesma dinâmica do *role-play* no semestre seguinte, a fim de comparar esses dados com aqueles obtidos com a aplicação da sequência didática. Os estudantes entrevistados relataram que as suas notas em biologia foram superiores ao esperado e que eles se sentiram frustrados em aprender outros tópicos da ciência em aulas tradicionais. Esses estudantes relataram também que conseguiam se lembrar dos conceitos semanas após os exames, na medida em que relacionavam os conteúdos à dinâmica do *role-play*, diferentemente do que ocorria com os conteúdos que eles aprendiam da forma convencional. Esse resultado também foi relatado pelos estudantes que primeiramente foram submetidos à dinâmica. Além disso, eles se mostraram animados por conseguirem explicar os conceitos para pessoas que não tinham familiaridade com os conteúdos. Os autores observaram nas considerações dos estudantes que eles desenvolveram uma atitude positiva em relação a conteúdos que usualmente são considerados desafiadores.

Krantz e Barrow (2006) também não realizaram pré-teste e pós-testes para validar a sequência que propõem. No entanto, nas conclusões, os autores relatam brevemente as suas considerações quanto aos pontos positivos da sua proposta, o que funciona como uma validação interna da sequência. Os autores afirmam que a sequência desenvolve habilidades relacionadas à realização de pesquisas experimentais, que ela permite que os estudantes compreendam métodos de ensino baseados em investigação, e que ela prepara os futuros professores para auxiliar os estudantes a desenvolver sua formação biológica sobre plantas.

Patro (2008) também não utilizou pré-teste para diagnosticar os problemas relacionados ao aprendizado da respiração celular. Mas considerando o que diz Méheut sobre a justificação *a priori*, pode-se reconhecer este ponto quando Patro coloca que o diagnóstico que ele realizou é fruto da sua experiência em sala de aula, no qual o autor observou que respiração celular é um dos tópicos da biologia que os alunos mais apresentam dificuldades para compreender, e afirma já ter tentado diversas estratégias para ensinar este conteúdo. Assim, tem-se as dimensões psico-cognitiva e didática consideradas na pesquisa. O autor também não realizou pós-teste para verificar a eficiência da sequência didática avaliada. A validação externa da sequência didática pode ser deduzida do resultado obtido pelos estudantes no teste da unidade, no qual as notas daqueles submetidos à sequência didática proposta foram superiores às notas dos estudantes submetidos à aula tradicional. A validação interna se deu pelas considerações do autor com relação aos objetivos alcançados pela sequência. Para Patro (2008), a sequência didática baseada no método do 5E foi a única estratégia que se mostrou efetiva no ensino da respiração celular. Ela se mostrou bem sucedida, primeiro, porque permite a apresentação do material de várias formas (visual, tátil, áudio); segundo, porque fornece ao professor um sistema de monitoramento contínuo do aprendizado dos

estudantes, permitindo realizar modificações, se for necessário; e terceiro, oferece ao estudante diversas formas de demonstrar evidências do seu aprendizado. Entretanto, o método do 5E consome mais tempo das aulas do que as outras metodologias, o que pode ser um problema devido às restrições de tempo para o ensino dos conteúdos.

Em Leach e colaboradores (2005), à luz do que coloca Méheut, pode-se notar a justificação *a priori*, na dimensão epistemológica da escolha dos temas a serem trabalhados; e a validação *a posteriori* do tipo externa, com a realização dos pré e pós-testes, e do tipo interna, quando os resultados obtidos mostram que é viável a utilização de curtas sequências didáticas com ganhos para os estudantes. Outro ponto importante a ser colocado a respeito do artigo de Leach e colaboradores (2005) é o fato de que as respostas dadas nos pré e pós-testes e nos testes de retenção foram codificadas levando-se em conta se a previsão feita por cada estudante foi correta ou não e, em que medida a sua explicação se aproximou da meta relativa ao conteúdo conceitual da sequência. Essas respostas foram codificadas por um pesquisador e um subconjunto delas foi codificado independentemente por outro pesquisador para medir a confiabilidade entre pesquisadores, o que gerou as alterações necessárias nas próprias sequências.

CONCLUSÕES

Neste trabalho, buscamos levantar o que já foi produzido na literatura a respeito de construções e avaliações de sequências didáticas em biologia, considerando que pesquisas desse tipo, principalmente se forem realizadas em colaboração entre pesquisadores e professores, é uma das maneiras de superar a lacuna pesquisa/prática na área do ensino de ciências. Verificamos como os estudos de caso foram avaliados pelos seus autores seguindo as considerações de Stake (1995) e consideramos também os critérios de justificação e validação propostos por Méheut (2005) na discussão dos estudos. Os artigos encontrados formaram uma amostra bastante reduzida, com apenas 5 trabalhos, distribuídos entre os anos de 2005 a 2008. Apesar de termos realizado a busca apenas de artigos publicados em periódicos, consideramos que os resultados obtidos sugerem que a produção desse tipo de trabalho começou apenas muito recentemente e ainda é muito pequena.

Foi possível notar que os trabalhos analisados, de forma geral, não apresentam uma descrição detalhada da metodologia utilizada tanto no processo de construção das sequências didáticas quanto na forma de avaliação da sua aplicação. Os resultados apresentados geralmente apontam para as vantagens encontradas com a utilização das sequências em lugar das abordagens tradicionais dos conteúdos em questão, com base em interpretações dos pesquisadores. Esse tipo de interpretação constitui uma ferramenta importante para avaliação de estudos de caso, segundo Stake (1995). Apenas dois trabalhos consideraram as interpretações dos sujeitos do estudo, que, de acordo com Stake (1995), possibilita a triangulação e, conseqüentemente, a confiabilidade das interpretações dos pesquisadores. Em um único trabalho, realizado por Leach e colaboradores (2005), é descrito o processo de medição da confiabilidade entre pesquisadores, indicando uma preocupação com o rigor metodológico.

Após a análise dos artigos, percebemos que é bastante viável a realização de pesquisas feitas a partir do trabalho conjunto entre professores e pesquisadores, que contemplem a elaboração e a avaliação de sequências didáticas em biologia, com a utilização do que trazem os autores Méheut (2005) e Stake (1995): a sua justificação *a priori* e a inclusão da validação *a posteriori* na metodologia da pesquisa; e a avaliação do processo de construção e aplicação da sequência, considerando as interpretações e observações críticas dos pesquisadores, professores e estudantes, o que deverá trazer maior credibilidade às avaliações dos estudos de caso.

Por fim, acreditamos que a partir do momento em que esses pontos forem considerados e estiverem claros na metodologia das pesquisas e na avaliação das sequências didáticas, a sua aplicação em sala de aula por professores não envolvidos nas pesquisas se tornará viável e terá mais chances de ser bem sucedida, com a possibilidade, inclusive, da correção de eventuais falhas apontadas pelas próprias pesquisas.

REFERÊNCIAS

FRONER, D.; BIANCHI, V.; ARAÚJO, M.C. P. Fotossíntese e Respiração: conceitos biológicos, físicos e químicos ressignificados na 8ª série do ensino fundamental. In: ENCONTRO REGIONAL SUL DE ENSINO DE BIOLOGIA, 2., 2006, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: Associação Brasileira de Ensino de Biologia, 2006. Disponível em: < http://www.erebiosul2.ufsc.br/trabalhos_arquivos/comunicacoes%20fotossintese.pdf>. Acesso em: 07 abr. 2009.

KENNEDY, M.M. The Connection between Research and Practice. **Educational Researcher**, v. 26, n. 7, p. 4-12, Oct.1997.

KRANTZ, P.D.; BARROW, L.H. Inquiry with Seeds to Meet the Science Education Standards. **American Biology Teacher**, v. 68, n. 2, p. 92-97, 2006.

LEACH, J.; AMETLLER, J.; HIND, A.; LEWIS, J.; SCOTT, P. Designing and evaluating short science teaching sequences: improving student learning. In: BOERSMA *et al.* (Ed.). **Research and the quality of science education**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 209-220.

MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BOERSMA *et al.* (Ed.). **Research and the quality of science education**. Dordrecht: Springer, 2005. p.195-207.

MCINTYRE, D. Bridging the gap between research and practice. **Cambridge Journal of Education**, v. 35, n. 3, p. 357-382, Nov. 2005.

PATRO, E.T. Teaching Aerobic Cell Respiration Using the 5Es. **American Biology Teacher**, v. 70, n. 2 p. 85-87, 2008.

PEKAREK, R.; KROCKOVER, G.; SHEPARDSON, D. The research/practice gap in science education. **Journal of Research in Science Teaching**, n. 33, p. 111-113, 1996.

ROSS, P.M.; TRONSON, D.A.; RITCHIE, R.J. Increasing Conceptual Understanding of Glycolysis & the Krebs Cycle Using Role-Play. **American Biology Teacher**, v. 70, n. 3, p. 163-168, 2008.

STAKE, R. E. **The Art of Case Study Research**. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1995.

WENGER, E. **Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity**. New York, NY: Cambridge University Press, 1998.