

# Investigando princípios de *design* de uma sequência didática para o ensino sobre metabolismo energético

## Investigating design principles of a teaching sequence about energetic metabolism

Anna Cássia Sarmiento<sup>1</sup>, Cássia Regina Reis Muniz<sup>1</sup>, Thiago Serravale de Sá<sup>2</sup>, Natália Rodrigues da Silva<sup>1</sup>, Valter Alves Pereira<sup>1,2</sup>, Maria Aparecida dos Santos Santana<sup>2</sup>, Charbel Niño El-Hani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>. CPM-BA, Colégio da Polícia Militar da Bahia, Av. Dendezeiros, s/n, Bonfim, SSA-BA, CEP: 40415-006.  
e-mails: anna.cassia01@hotmail.com; casmuniz@gmail.com; nataliagreen2007@yahoo.com.br

<sup>2</sup>. UFBA, Universidade Federal da Bahia, Rua Ademar de Barros, 500, Ondina, SSA-BA, CEP: 40170-115.  
e-mails: kcatbio@hotmail.com; thiago.de.sa@gmail.com; valteralves10@yahoo.com.br;  
charbel.elhani@pq.cnpq.br

### RESUMO

Este artigo relata resultados de uma investigação sobre as características de uma sequência didática que possam favorecer a aprendizagem sobre metabolismo energético em turmas da primeira série do ensino médio. A pesquisa foi realizada por pesquisadores educacionais e professores-investigadores reunidos numa equipe colaborativa. Para a elaboração da sequência, consideramos critérios de justificação *a priori* relativos a aspectos epistemológicos, psicocognitivos e didáticos. Na validação *a posteriori* fizemos uso de pré e pós-testes, triangulando métodos quantitativos e qualitativos. Os princípios de *design* incluíram a construção da sequência usando textos de divulgação científica, atividades de interação social entre alunos, interdisciplinaridade e a contextualização dos assuntos ao cotidiano, bem como a importância do metabolismo na manutenção das atividades vitais dos seres vivos e seu emprego biotecnológico. A intervenção mostrou efeitos positivos na aprendizagem do conteúdo ( $p < 0,000$ ), mas algumas concepções alternativas foram resistentes a mudanças, principalmente aquelas relativas à fotossíntese e respiração celular.

**Palavras-chave:** Sequência didática, Metabolismo energético, *Design research*, Interdisciplinaridade, Trabalho colaborativo, Professor-investigador.

### ABSTRACT

This paper reports results of an investigation about characteristics of a teaching sequence that can be favorable to the learning of energetic metabolism in the 10<sup>th</sup> grade. The research was conducted by educational researchers and practitioners gathered in a collaborative team. In order to elaborate the teaching sequence, we considered *a priori* justification criteria relative to epistemological, psicocognitive and didactic aspects. *A posteriori* validation was performed using pre and post-tests, triangulating qualitative and quantitative methods. The design principles included the construction of the teaching sequence around popular science texts, activities of social interaction between students, interdisciplinarity and the focus on the contextualization of contents regarding everyday life, as well as on the importance of metabolism in the maintenance of living beings vital activities and its biotechnological applications. The intervention showed positive results in content learning ( $p < 0,000$ ), but some

alternative conceptions were resistant to change, notably those regarding photosynthesis and cellular respiration.

**Keywords:** Teaching sequence, Energetic metabolism, Design research, Interdisciplinarity, Collaborative work, Teacher-researcher.

## INTRODUÇÃO

O ensino de ciências deve constituir um meio para ampliar a compreensão do estudante sobre a realidade e um instrumento para orientar suas decisões e intervenções no mundo que o cerca. O conhecimento científico e tecnológico é importante para a formação dos cidadãos, pois permite que estes tenham uma postura autônoma e crítica (SANTOS; MORTIMER, 2000), sobretudo em relação a questões sócio-científicas (SADLER, 2005). Pedrancini et al. (2007) discutem que nem sempre o ensino promovido no ambiente escolar permite que o estudante se aproprie dos conhecimentos científicos de modo a utilizá-los como instrumentos de pensamento, extrapolando as situações de ensino e aprendizagem. Diante disto, fica evidente a necessidade da reorganização dos conteúdos trabalhados e das metodologias empregadas, promovendo novas estratégias de ensino (BORGES; LIMA, 2007). Essas novas estratégias devem focar no desenvolvimento das competências voltadas para o domínio das linguagens científicas e suas representações, como previsto nos PCNEM (BRASIL, 2001), permitindo uma compreensão da ciência e tecnologia, de seus aspectos histórico-sociais e das relações entre ciência-tecnologia-sociedade (CTS).

Na literatura sobre ensino de ciências é defendido que as situações de ensino devem se aproximar do cotidiano dos estudantes, devendo estar relacionadas às suas experiências (KRASILCHIK, 2000), contextualizando aspectos sociais, humanizando a ciência escolar (CACHAPUZ, 2004), estimulando atividades em grupo (BARAB et al., 2007; NELSON et al., 2005) e estimulando a curiosidade e entusiasmo naturais dos alunos pela ciência e tecnologia. Entretanto, os materiais instrucionais e livros didáticos não costumam apresentar estas características, privilegiando os conteúdos científicos em si mesmos, sem contextualizações. Os livros didáticos de biologia seguem esse mesmo caráter conteudista (ABREU et al., 2005).

Este padrão traz complicações mais conspícuas em assuntos que demandam mobilização de conceitos em mais de um campo de conhecimento, como é o caso do metabolismo energético. Estudos têm apontado este assunto como um dos mais difíceis para a compreensão do estudante (PATRO, 2008; MARMAROTI e GALANOPOULOU, 2006). Concordamos com Patro (2008), que atribui sua decorrência à complexidade dos fenômenos envolvidos, que englobam grande número de reações químicas e moléculas, assim como de vocabulário técnico, representando uma novidade para os estudantes do Ensino Médio (EM). Percebemos em nossas práticas docentes essas dificuldades, oriundas da forma como os conteúdos de biologia e química são apresentados, em disciplinas distintas, que não dialogam entre si, complementado pela falta de vínculos com o cotidiano do estudante. Assim, abordar o metabolismo energético em sala de aula representa um desafio para o professor do EM.

Noções fundamentais sobre metabolismo energético se constituem num importante tema do ensino, porque informam sobre processos de transformações químicas essenciais à manutenção da vida (ALMEIDA; VAL, 2000). Noções sobre metabolismo energético facilitam a compreensão de tecnologias úteis e compreendê-lo significa desenvolver habilidades e competências para lidar conscientemente consigo e com o mundo ao seu redor, já que fenômenos de transformação de energia estão presentes em diversos contextos do cotidiano: na realização de atividades físicas; na produção de alimentos; na compreensão de

processos biotecnológicos para a conservação da natureza e minimização de impactos ambientais, para a produção de energia limpa etc.

Torna-se clara a importância de promover inovações didáticas no ensino do metabolismo energético, em particular, inovações que se mostrem capazes de contextualizar o assunto ao cotidiano do estudante. Uma possibilidade reside no uso de textos de divulgação científica veiculados através da mídia. O uso de textos de divulgação científica pode cumprir diferentes funções, como a motivação e o estímulo à participação dos estudantes (NASCIMENTO & ALVETTI, 2006), e, também, como propomos aqui, a aproximação de conteúdos de ciências a experiências cotidianas, entre as quais se incluem o contato com notícias veiculadas pela mídia e produtos consumidos na vida diária. Podem ser criadas condições para que os estudantes compreendam que produtos e processos biotecnológicos podem ser resultado do metabolismo de microrganismos.

Este artigo relata resultados de uma investigação sobre características de uma sequência didática<sup>1</sup> que propicie condições favoráveis à aprendizagem sobre metabolismo energético, no contexto de turmas da primeira série do EM do Colégio da Polícia Militar – Dendezeiros, uma escola pública de Salvador-BA. Os princípios de *design* sob investigação incluem a construção da sequência em torno de textos de divulgação científica, de atividades de interação social entre alunos, trabalho interdisciplinar nas disciplinas de Biologia e Química, o foco sobre a contextualização dos assuntos em relação ao cotidiano, bem como sobre a importância do metabolismo em termos da manutenção das atividades vitais dos seres vivos e de seu emprego biotecnológico. O estudo foi realizado por uma equipe colaborativa de professores-investigadores, pesquisadores educacionais e estudantes de graduação e pós-graduação (EL-HANI et al., 2011), formada a partir da participação numa comunidade virtual de práticas (LAVE; WENGER, 1991; WENGER, 1998) focada no ensino de Biologia, a ComPratica<sup>2</sup>.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Aspectos metodológicos gerais

Utilizamos no nosso estudo uma abordagem qualitativa, conduzida com base na *design research*, que pode ser entendida como o estudo sistemático do planejamento, da implementação, da avaliação e da manutenção de intervenções educacionais inovadoras como soluções para problemas da prática educacional (BAUMGARTNER et al., 2003; PLOMP, 2009). A investigação foi conduzida no contexto real da sala de aula dos professores-pesquisadores. Esta abordagem qualitativa foi triangulada com métodos quantitativos, utilizando-se critérios e métodos descritos a seguir.

Para a elaboração da sequência didática, usamos critérios de justificação *a priori* propostos por Méheut (2005), como modos de tornar uma intervenção clara e apropriada ao contexto da sua aplicação. Estes critérios incluem três dimensões: 1) epistemológica, relacionada aos conteúdos a serem aprendidos, aos problemas que eles podem resolver, e à sua gênese histórica; 2) psicocognitiva, que analisa as características cognitivas dos estudantes que guardam relação com as possibilidades de compreensão do assunto; 3) didática, que analisa as restrições do funcionamento da instituição de ensino (programas, cronogramas etc.).

---

<sup>1</sup> Entendemos “sequência didática” aqui tal como proposto por Zabala (1998, p. 18): um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.

<sup>2</sup> Para maiores informações sobre a ComPratica, ver El-Hani & Greca (2009). Endereço da comunidade: <<http://www.moodle.ufba.br/course/view.php?id=8823>>.

A investigação da sequência didática também envolveu critérios de validação *a posteriori* (MÉHEUT, 2005), através de uma validação interna, realizada a partir de pré- e pós-testes e combinando tratamento qualitativo e quantitativo dos dados. Dado que o estudo pretende estudar os efeitos da sequência didática sobre a aprendizagem dos alunos, antes e depois da intervenção, trata-se, pois, de um estudo de desenvolvimento da sequência didática (NIEVEEN et al., 2006). A pesquisa é orientada pelo *design research*, conduzindo investigações para o desenvolvimento de sequências didáticas através de contínuas iterações, e aumento no número de participantes a fim de produzir generalizações transponíveis para o contexto de outras intervenções (PLOMP; NIEVEEN, 2007), estas generalizações consistem numa compreensão teórica sobre princípios de *design* ou planejamento de intervenções didáticas e do processo de construção e investigação da intervenção educacional (EL-HANI et al., 2011). Esta generalização foi entendida como uma *generalização situada* (SIMONS et al., 2003), ou seja, uma transformação de dados ligados a um contexto em evidências transferíveis para outros, conquanto a conexão entre a situação da pesquisa e a situação em que outros professores trabalham esteja visível e sejam reconhecidas como questões compartilhadas (EL-HANI et al., 2011).

### **Construção da intervenção didática**

A intervenção didática foi construída em torno de um texto de divulgação científica publicado na *Revista Eletrônica de Jornalismo Científico (ComCiência)*, que foi divulgado por uma das professoras-pesquisadoras na comunidade de prática mencionada acima, dando vez a uma proposta de construção da sequência didática investigada. O texto, intitulado “Modificação genética de bactéria aumenta produção de hidrogênio” (Disponível em: <http://www.comciencia.br/comciencia/?section=3&noticia=418>.) trata da modificação genética da bactéria *Escherichia coli* para proporcionar, através da fermentação, uma maior produção de hidrogênio, passível de uso como fonte de energia. Acreditamos que através do texto o tema do metabolismo energético poderia ser discutido em sala de aula de forma a abordar questões que vão além da memorização de conceitos e processos metabólicos, favorecendo uma aprendizagem mais ampla e contextualizada dos conteúdos científicos, aliada à construção de uma postura cidadã.

Assim, os princípios de *design* incorporados à construção da sequência didática foram: (1) o uso de textos de divulgação científica para contextualizar o ensino do metabolismo energético, não sendo estipulado o texto acima, pois outros textos podem ser mais adequados a depender do contexto. É preciso que o professor avalie o conteúdo do texto, a confiabilidade da fonte, a qualidade do conhecimento veiculado, e a linguagem, adaptando-o à realidade dos alunos, quando necessário, tendo em vista a dimensão psicognitiva (critério de justificação *a priori*). (2) O foco sobre a contextualização dos assuntos ao cotidiano do aluno, considerando a importância do metabolismo para a manutenção das atividades vitais dos seres vivos e seu emprego biotecnológico, promovendo um posicionamento crítico acerca dos impactos sociais e ambientais de tais tecnologias. (3) Outro princípio orientador da sequência foi a busca pela construção de um processo coletivo e cooperativo de aprendizagem, à luz da teoria sócio-interacionista da aprendizagem de Vigotski (2001). O planejamento privilegiou atividades de interação e discussão entre alunos, mediadas pelo professor.

A sequência didática sobre metabolismo na disciplina de biologia foi desenvolvida de forma integrada com uma sequência didática sobre reações químicas, implementada na disciplina de Química, constituindo-se o trabalho interdisciplinar, outro princípio de *design* empregado. A sequência didática sobre reações químicas será objeto de outro artigo.

Estes princípios foram informados por uma reflexão contínua sobre a dimensão epistemológica dos conhecimentos abordados, bem como das relações CTS, que ganharam

relevo no planejamento da sequência. Similarmente, o desenvolvimento psicocognitivo dos estudantes foi sempre levado em conta, com vistas à sequência mostrar-se apropriada ao contexto no qual deveria ser aplicada.

Tendo em vista a dimensão didática, o terceiro critério de justificação *a priori*, a intervenção foi planejada para ocupar 10 horas-aula do cronograma escolar, na medida em que este é o tempo normalmente usado para ministrar o conteúdo na escola onde a intervenção foi realizada. Parece-nos que este é, ademais, uma extensão de tempo realista no currículo escolar em termos gerais.

### **Desenho do teste da intervenção didática**

A intervenção didática foi aplicada em 13 turmas do primeiro ano do ensino médio de uma escola pública do município de Salvador-BA, sob responsabilidade de três professores participantes da equipe de pesquisa.<sup>3</sup> As turmas apresentavam comportamento heterogêneo, incluindo desde turmas agitadas e dispersas até turmas disciplinadas e quietas. De um lado, isso torna a resposta à sequência dependente do perfil da turma, mas, de outro, permite obter generalizações mais confiáveis quanto aos princípios de *design* utilizados.

O número de alunos nas turmas investigadas totalizava 407 estudantes, dos quais, excluindo aqueles que não fizeram uma ou mais etapas de avaliação, restaram 370 estudantes na amostra. Os pais de todos os alunos envolvidos assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, autorizando a participação no estudo. A sequência didática teve seu início no dia 1 de outubro de 2009 e foi concluída no dia 12 de novembro do mesmo ano.

A intervenção envolveu as disciplinas de Biologia e Química, onde seria abordado o assunto reações químicas. Contudo, a sequência didática de Química não foi aplicada a 6 turmas, pois o professor das turmas decidiu não participar do estudo, entretanto lecionou o conteúdo de reações químicas. Embora os dados apresentados digam respeito apenas à intervenção nas turmas de Biologia, não podemos ignorar que o envolvimento de apenas 7 das 13 turmas com a sequência de Química é uma variável que pode introduzir ruídos nos resultados.

Realizamos a coleta de dados a partir de diversos instrumentos de natureza qualitativa e quantitativa, a fim de triangular os resultados. Os professores-pesquisadores realizaram observação participante da sua própria prática, através de anotações em caderno de campo, procurando registrar o engajamento e motivação dos alunos nas diferentes atividades da sequência. Coletamos dados sobre a aprendizagem dos estudantes de três maneiras: pré-teste, produção de textos curtos e pós-teste<sup>4</sup>. O pré-teste foi aplicado na semana anterior ao início da sequência e o pós-teste foi a última avaliação do bimestre, realizado em horário fora da sequência. O pré e o pós-testes apresentaram questões distintas, evitando que a familiarização dos alunos com as questões tivesse efeito sobre o teste. Neste trabalho não utilizamos os dados oriundos dos textos produzidos pelos estudantes, que serão objeto de outro artigo.

O pré-teste correspondeu a um questionário com 21 questões fechadas e 5 questões abertas, enquanto o pós-teste apresentava 23 questões fechadas e 5 abertas. As questões se relacionavam a distintos temas sendo: armazenamento de energia (3 questões no pré- teste e 2 no pós), biotecnologia (4, 2), energia de ativação (1, 1), fermentação (3, 3), fenômenos químicos (1, 0), fotossíntese (2, 4), metabolismo (10, 10), reações químicas (5, 7), respiração (5, 4). As questões fechadas apresentavam apenas dois níveis, sendo certas ou erradas (valores 0 ou 1) e as questões abertas apresentavam três níveis, podendo ser corretas, parcialmente corretas ou incorretas (0; 0,5 ou 1). Questões sem resposta foram assumidas incorretas, pois

---

<sup>3</sup> Colégio da Polícia Militar da Bahia - Dendezeiros.

<sup>4</sup> Não foi realizado teste de retenção em decorrência de limitações impostas pelo calendário da escola.

consideramos que a participação no pré-teste era voluntária e facultativa, enquanto o pós-teste configurava avaliação regular da disciplina, correspondendo a uma das notas da unidade.

Para testar o efeito da intervenção didática, utilizamos um teste T para dados emparelhados, a fim de verificar a diferença entre os valores totais do pré- e do pós-teste. Os dados respeitaram os critérios de normalidade (Shapiro-Wilk,  $p = 0,0708$ ) e homogeneidade da variância (Levene,  $p=0,062$ ) requeridos pelo teste utilizado. A normalidade dos dados foi verificada através do programa R<sup>®</sup>. Para a homogeneidade da variância e o teste T, utilizamos o programa SPSS<sup>®</sup> for windows, version 14.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Aspectos gerais da intervenção

Os dados da observação participante, colhidos pelos professores em seu caderno de campo, tornaram possível uma caracterização da intervenção. De um modo geral, a estratégia utilizada na intervenção foi muito bem recebida pelos alunos e os sinais da satisfação por um trabalho diferenciado daquele usualmente realizado ficou evidenciado logo no primeiro momento de apresentação da proposta das atividades. O planejamento da sequência didática está resumido no Quadro 1. Na primeira semana da intervenção, quando teve início a leitura e discussão do texto, os alunos se mostraram agitados, mas, de modo geral, a atividade transcorreu com tranquilidade. As discussões foram interessantes e bastante produtivas, com a participação da maioria dos alunos. Durante as discussões, alguns assuntos foram abordados, destacando-se: (1) Manipulação de bactérias para produzir Hidrogênio; (2) Hidrogênio como fonte alternativa de energia e como fonte de energia limpa; (3) Os benefícios para o ambiente do uso de fontes variadas de carbono (como dejetos de indústrias) para produção de Hidrogênio; (4) O uso do açúcar pelas bactérias para obtenção de energia; (5) Dinâmica do processo da pesquisa científica.

Na segunda semana, durante as aulas expositivas, os alunos se mostraram mais atentos às aulas e mais participativos do que de costume. Nesse momento, prevaleceu o discurso do professor, na tentativa de sistematizar os conteúdos tratados na atividade.

Na terceira semana, após uma agitação inicial, a leitura dos textos selecionados transcorreu sem percalços. Em algumas turmas, tidas como desinteressadas no Conselho de Classe, houve dificuldades, tornando-se necessário modificar a dinâmica, de modo a dar-lhes mais tempo para pesquisa e discussão. Neste momento, novos grupos foram formados, de acordo com a técnica Phillips 66 (FABRA, 1994): novos grupos foram constituídos por integrantes de todos os grupos anteriores, cada um sendo responsável por apresentar o trabalho feito nestes últimos para os componentes do novo grupo. Não nos ativemos, contudo, ao tempo de 6 minutos, previsto pela técnica, para as discussões. Esta dinâmica se mostrou bem eficaz, com os alunos motivados para as exposições orais para os colegas. Alguns alunos se sobressaíram em relação a outros, em virtude de uma maior facilidade de comunicação e argumentação. Assim como afirma Santos (2007), notamos que a introdução da relações CTS na sequência didática possibilitou a contextualização do tema, promovendo a motivação dos alunos e facilitando a aprendizagem, o que ampliou a sua capacidade de expressar-se criticamente diante de situações do cotidiano.

Ao final das atividades, quando os grupos foram dissolvidos para a discussão geral, com base nos argumentos utilizados pelos alunos durante a discussão, percebemos que os alunos compreenderam os fenômenos relativos ao metabolismo energético, sua importância para os organismos e suas aplicações tecnológicas. Em parte, isso parece ter decorrido, como comenta Krasilchik (2004, p. 83), do fato de que conceitos apresentados através de discussões

se mostram mais inteligíveis e motivadoras para a aprendizagem, pois desafiam a imaginação e a compreensão do estudante. Observamos que o perfil de turmas antes inquietas e desinteressadas se modificou, nesta atividade, para turmas participativas, tendo ocorrido, ainda, o aparecimento de lideranças espontâneas nos grupos.

**Quadro 1:** Planejamento semanal das atividades da sequência didática, apresentando o tempo de duração e observações a respeito das mesmas.

ATIVIDADES	TEMPO	OBSERVAÇÕES
<b>PRIMEIRA SEMANA</b>		
Explicação da dinâmica das atividades da sequência didática	30 min.	O professor esclarece todos os pontos em que há dúvidas por parte dos alunos.
Divisão da turma em cinco grupos de estudo	20 min.	O professor deixa que os alunos se organizem de acordo com suas afinidades.
Leitura em grupo do texto de divulgação científica	50 min.	Os alunos ficam livres para interagir com os colegas. O professor caminha entre os grupos, esclarecendo dúvidas dos alunos.
Discussão com toda a turma sobre as ideias contidas no texto e sorteio dos temas de pesquisa para os grupos	50 min.	Professor sistematiza as idéias dos alunos conforme o conhecimento escolar, direcionando a discussão para o assunto metabolismo energético. Ao final, o professor sorteia temas para pesquisa em grupo: Fotossíntese; Fermentação láctica e alcoólica; Respiração Celular. Devem ser pesquisadas aplicações desses tipos de metabolismo para o desenvolvimento de tecnologias visando à produção de alimentos e combustíveis, e minimização de impactos ambientais.
<b>SEGUNDA SEMANA</b>		
Aulas expositivas sobre metabolismo energético	150 min.	Introduzir conceitos científicos sobre fermentação láctica, fermentação alcoólica, respiração celular e fotossíntese. São abordadas suas etapas, os organismos que as realizam, as condições necessárias para ocorrência dos processos, sua finalidade, importância para os organismos e aplicações biotecnológicas
<b>TERCEIRA SEMANA</b>		
Leitura e discussão, em grupo do material pesquisado pelos alunos e de textos selecionados pelos professores	50 min.	Os textos selecionados abordaram as seguintes temáticas: biorremediação, produção de cachaça, aumento da produtividade de alimentos, fibras, madeira e combustível e produção de oxigênio atmosférico, aterros sanitários e produção de biogás, produção de iogurte (outras podem ser abordadas de acordo com o contexto escolar). Nessa atividade, os alunos interagem livremente com os colegas e o professor se desloca entre os grupos, esclarecendo dúvidas.
Dissolução dos grupos originais e formação de novos grupos, seguindo uma modificação da técnica conhecida como Philips 66 (FABRA,1994)	50 min.	Essa atividade tem como objetivo socializar os conhecimentos adquiridos nos grupos originalmente formados, como também contribuir para a consolidação do que os estudantes aprenderam, na medida em que cada um deles fica encarregado de explicar os assuntos relativos aos estudos do seu grupo original para os colegas oriundos dos outros grupos. Este procedimento coloca os alunos na posição de sujeitos ativos do processo de aprendizagem.
Dissolução dos grupos e abertura para discussão geral, com toda a turma	50 min.	Todos os alunos expõem suas ideias, mas o professor conduz o processo de sistematização do conhecimento científico escolar. O professor verifica as ideias e os entendimentos dos alunos, bem como corrige possíveis equívocos em relação à perspectiva da ciência escolar.
<b>QUARTA SEMANA</b>		
Elaboração de textos	50min	Elaboração de dois textos sobre metabolismo energético e emprego biotecnológico. No primeiro texto, os alunos escreveram livremente sobre o tema. No segundo, receberam palavras-chave que eles deveriam usar para a sua elaboração.

Como afirmam Nascimento e Alveti (2006), os textos de divulgação científica auxiliam na inserção de temas contemporâneos nas práticas educativas, porque trazem um conteúdo que não somente leva à discussão de assuntos atuais, mas também se conecta com a vida cotidiana do aluno. Além disso, estes textos permitem a transposição dos conteúdos aprendidos para novos contextos (MELO e HOSOUIME, 2003). De fato, percebemos que os conteúdos sobre

metabolismo energético trabalhados nas aulas expositivas, ao longo da segunda semana, foram mobilizados para reflexão e discussão dos textos, inclusive com conexão com as experiências dos alunos.

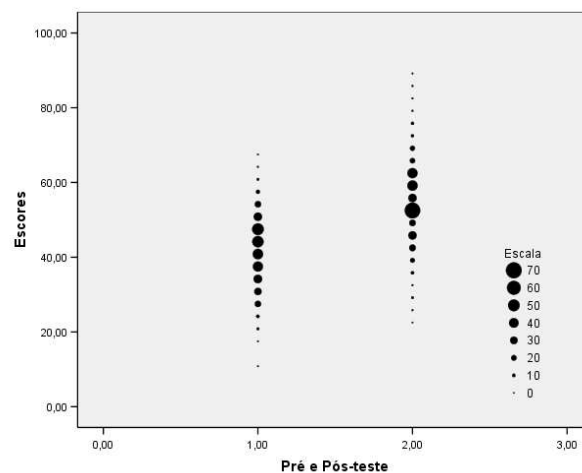
Na quarta semana, durante a elaboração dos textos, percebemos certa insegurança dos alunos em relação à redação. No entanto, de modo geral, esta atividade também transcorreu bem.

### **Análise quali-quantitativa dos resultados da intervenção**

O engajamento dos alunos nas atividades da sequência se refletiu em uma melhora nos seus escores no pós-teste, em relação ao pré-teste (Figura 1). Enquanto, no pré-teste, a maioria dos estudantes apresentou escores entre 30 e 50, no pós-teste, a maioria obteve escores entre 50 e 65. Além disso, tanto o menor quanto o maior escores obtidos pelos alunos no pós-teste foram maiores do que aqueles observados no pré-teste. Além do aumento na média, há uma maior dispersão dos escores no pós-teste, com um ganho bastante perceptível para escores mais elevados. Estes resultados levam à conclusão de que o desempenho dos alunos foi melhor no pós-teste e que as atividades da sequência didática permitiram que os alunos avançassem em sua compreensão dos conteúdos relacionados ao metabolismo energético. Estes achados foram corroborados pelo teste T para dados emparelhados ( $p < 0,000$ ), mostrando que há efeito da sequência na aprendizagem do conteúdo de metabolismo, comparando-se o conhecimento dos estudantes antes e depois da sequência.

Os resultados das questões fechadas do pré-teste mostraram que a maioria dos alunos já compreendia, em seu conhecimento prévio, o conceito de metabolismo e reconhecia o metabolismo como imprescindível à vida. Eles também reconheciam que parte da energia da glicose é usada pela célula e que a temperatura influencia na velocidade das reações. Contrariamente, percebemos que eles desconheciam que as ligações possuem energia química. Concordamos com Carlsson (2002) em que isso decorre da dificuldade dos alunos de compreenderem o conceito de transformação de energia. Além disso, os alunos não correlacionaram no pré-teste fermentação e ausência de  $O_2$ . Brandão e Corazza (2008) também perceberam, em seus estudos, que a maioria dos estudantes não mostra conhecer que a fermentação ocorre na ausência de oxigênio e que a presença deste gás pode provocar a morte de bactérias anaeróbias.

Ainda no pré-teste, nas questões abertas, foi possível perceber que os alunos reconheciam a fotossíntese como tendo importância para a manutenção da vida apenas pela produção de oxigênio. Os alunos não conseguiam identificar os reagentes e os produtos da fotossíntese, dificuldade também detectada por Barker e Carr (1989, apud. MARMAROTI; GALANOPOULOU, 2006). A grande maioria acreditava que, durante a fotossíntese, a planta produz  $O_2$  a partir do  $CO_2$ . Essa concepção alternativa também foi encontrada por Kose (2008). Percebemos que alguns alunos acreditavam que a fotossíntese é a respiração da planta, a qual inspiraria  $CO_2$  e expiraria  $O_2$ . Esse equívoco em relação à fotossíntese também foi identificado em estudos de Marmaroti e Galanopoulou (2006), e Kose (2008). As pré-



**Figura 1:** Escores dos estudantes no pré-teste (1) e no pós-teste (2). O diâmetro dos círculos corresponde ao número de estudantes superpostos, com os mesmos escores.

concepções relacionadas aos conceitos biológicos vividos por crianças em contextos da vida real antes da instrução formal, como a fotossíntese, a respiração, e as trocas gasosas (MINTZES et al. 1991; DRIVER, et al. 1994, apud YIP,1998,) são altamente resistentes a mudanças.

Nesta etapa, de uma maneira geral, os alunos desconheciam aplicações tecnológicas da fermentação. Certamente, isso é decorrente do fato de os alunos, durante o ensino fundamental, não receberem em geral instrução formal sobre fermentação, seja láctica ou alcoólica. Os resultados obtidos também mostram a dificuldade dos alunos de relacionar os conteúdos, como mostra, por exemplo, sua dificuldade em perceber a interdependência entre respiração pulmonar e respiração celular, como também foi encontrado por Acedo e Junior (2008)

No pós-teste, a análise das questões fechadas e abertas mostraram que os alunos lograram compreender, ao longo da sequência didática, que o metabolismo envolve transformações de energia e que as ligações possuem energia química, liberada com sua quebra. Notamos também que boa parte dos alunos compreendeu o emprego biotecnológico da fermentação, quando confrontados, no pós-teste, com uma situação-problema que requeria que eles associassem o metabolismo dos microrganismos à produção do álcool.

Os resultados do pós-teste mostraram, contudo, que, mesmo após a intervenção didática, os alunos ainda sentiram dificuldades com relação à identificação dos reagentes e produtos da fotossíntese. Além disso, os alunos também não mostraram compreender que o gás oxigênio é obtido a partir da hidrólise água, uma das etapas da fotossíntese. Amir e Tamir (1990) também evidenciaram a persistência de concepções alternativas sobre a fotossíntese. Concordamos com estes autores em que a compreensão das concepções da ciência escolar a este respeito somente é possível por abordagens instrucionais que levem em consideração estas ideias preexistentes.

Os resultados mostraram que os alunos continuaram sem conseguir fazer relação entre respiração pulmonar e respiração celular. A concepção de que respiração está relacionada às trocas gasosas está provavelmente relacionada à dificuldade de compreender a respiração celular como um fenômeno distinto, apesar de complementares (SEYMOUR; LONGDEN, 1991).

Foi possível perceber, de modo geral, que os estudantes, ao final da intervenção, tinham conhecimento de conceitos científicos, mas não conseguiam relacioná-los de modo substantivo, dando respostas evasivas quando questionados sobre relações entre conceitos, como os de respiração celular e pulmonar. Essas respostas reforçam, ainda, a percepção de que os alunos apresentam dificuldade em mobilizar conhecimentos para fazer relações entre níveis diferentes de organização dos seres vivos, neste caso, entre sistemas orgânicos e células.

Ao comparar as questões abertas do pré- e do pós-teste, nota-se que a diferença entre as respostas dos estudantes nestes dois momentos foi menor do que no caso das questões fechadas. Isso pode ser decorrente, em nosso entendimento, do fato de os alunos não estarem preparados para responder questões desse tipo, uma vez que, na escola onde aplicamos a sequência, prevalecem avaliações com questões fechadas. Como discute Vigotski (2001), a motivação para o ato de escrever se encontra distante das necessidades imediatas da criança, além de a linguagem escrita ter uma dificuldade inerente, por ser mais abstrata, intelectualizada, exigindo um trabalho mais consciente de estruturação do significado. Isso mostra a necessidade de trabalhar mais a linguagem escrita durante a sequência.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu mostrar o sucesso – em termos de sua validação interna – de uma sequência didática sobre o metabolismo energético na promoção da aprendizagem dos estudantes, construída com base nos seguintes princípios de *design*: (1) o uso de textos de divulgação científica para contextualizar o ensino do metabolismo energético e motivar os estudantes para a aprendizagem; (2) a contextualização dos assuntos em relação ao cotidiano do aluno, considerando importância do metabolismo na manutenção das atividades vitais dos seres vivos e seu emprego biotecnológico, viabilizando um posicionamento crítico aos impactos sociais e ambientais de tais tecnologias; (3) a construção de um processo coletivo e cooperativo de aprendizagem, privilegiando atividades de interação e discussão entre alunos, mediadas pelo professor.

Como apontam os resultados, a sequência didática, além de proporcionar aprendizagem sobre metabolismo, mobilizou visivelmente a maioria dos alunos em sala de aula no que tange à motivação, ao interesse e à participação nas atividades didáticas. A inserção dos alunos nas discussões, fazendo com que eles atuassem como sujeitos ativos, tanto do seu processo de aprendizagem quanto do de seus colegas, transformou salas apáticas em ambientes de ricas interações. Esse fato por si só já é suficiente para a satisfação profissional de professores que acreditam em inovações didáticas motivadoras.

Contudo, algumas considerações devem ser feitas no sentido de aprimorar a sequência didática, visando uma nova iteração de seu teste e desenvolvimento. Percebemos que, mesmo após a intervenção, algumas concepções alternativas persistiram nas respostas dos alunos, notadamente sobre fotossíntese e respiração celular. Será preciso, então, dedicar mais esforço ao mapeamento destas concepções alternativas e ao trabalho com elas em sala de aula.

Dado o grau de sucesso da sequência didática discutida no presente artigo como abordagem de ensino sobre metabolismo energético, esperamos que os princípios de *design* utilizados em sua construção possam ser empregados por professores em outros contextos de ensino, para a construção de sequências didáticas que não precisam necessariamente espelhar a sequência que construímos, compartilhando, antes, seus princípios de planejamento. Desse modo, os dados colhidos sobre o uso de tais princípios no contexto em que conduzimos nosso estudo poderão ser transformados em evidências transferíveis para outros contextos, numa generalização teórica e situada, caso outros professores percebam semelhança com suas situações de ensino, em termos de variáveis contextuais compartilhadas.

## REFERÊNCIAS

ABREU, R.G; GOMES, M. M.; LOPES, A.C. Contextualização e tecnologias em livros didáticos de biologia e química. **Investigações em Ensino de Ciências** – V10(3), pp. 405-417. 2005.

ACEDO, P. H.; JÚNIOR, N. F. F.. Concepções de alunos de Ensino Médio sobre a respiração humana. XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA. 2008. Acesso em 10 mai., 2010, <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0056-1.pdf>.

ALMEIDA E VAL, V. M. F. DE; BICUDO, J. E.; VAL, A. L. Metabolismo. In EL-HANI, CHARBEL NIÑO; VIDEIRA, ANTÔNIO AUGUSTO PASSOS (org.). **O que é Vida? Para entender a Biologia do século XXI**. Rio de Janeiro: Relume Dumará. 2005

- AMIR, R.; TAMIR, P. Detailed Analysis of Misconceptions as a Basis for Developing Remedial Instruction: The Case of Photosynthesis. **Annual Meeting of the American Educational Research Association**, Boston, MA, April 16-20. 1990.
- ANDRADE, E. C. P.; CARVALHO, L. M. O pro-álcool e algumas relações cts concebidas por alunos de 6ª série do ensino fundamental. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, p. 167-185. 2002.
- ASSIS, A.; TEIXEIRA, O. P. B. Contribuições e dificuldades relativas à utilização de um texto paradidático em aulas de física. ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA IX Jaboticatubas. 2004. Acesso em jun. 2010, <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/epf/ix>.
- BARAB, S. A.; SADLER, T. D.; HERSELT, C.; MICKEY, D.; ZUIKER, S. Relating Narrative, Inquiry, and Inscriptions: Supporting Consequential Play. **Journal of Science Education and Technology**, Vol. 16, No. 1, February. 2007
- BAUMGARTNER, E., BELL, P., BOPHY, S. ET AL. Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. **Educational Researcher**, 32, 5–8. 2003.
- BRANDÃO, L.; CORAZZA, M. J. Produção de Wiki: uma ferramenta pedagógica para o desenvolvimento do pensamento conceitual dos estudantes do Ensino Médio. 2008.. Acesso em 24 nov., 2009, [www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/281-4.pdf](http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/281-4.pdf).
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério de Educação, 2001.
- BORGES, R. M. R.; LIMA, V. M. DO R. Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vol. 6, Nº 1. Acesso em 10 mai., 2010, [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART10\\_Vol6\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART10_Vol6_N1.pdf). 2007.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 363-381. 2004.
- CARLSSON, B. Ecological understanding 1: ways of experiencing photosynthesis. **International Journal of Science Education**, 24, 681–699, 2002.
- EL-HANI, C. N.; GRECA, I. Uma comunidade virtual de prática como meio de diminuir a lacuna pesquisa-prática na educação científica. In: Atas do VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS (ENPEC), a1069. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009.
- FABRA, M. L. **Técnicas de grupo para la cooperacion**. Ediciones Ceac. 1994.
- KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino de ciências. **São Paulo em Perspectiva**, n14 (1), p85-93. 2000.
- KRASILCHIK, M. **Prática no ensino de biologia**. EDUSP, P.83. 2004
- KOSE, S. Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method. **World Applied Sciences Journal** 3 (2): 283-293, 2008
- LAVE, J.; WENGER, E. **Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991
- MARMAROTI, P.; GALANOPOULOU, D. Pupils' Understanding of Photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. Vol.28, No. 4. **International Journal of Science Education**, 18 March, pp. 383–403. 2006.

- MÉHEUT, M. **Teaching-learning sequences tools for learning and/or research**. In: Boersma et al. (Ed.), *Research and the quality of science education* (pp. 195-207). Dordrecht: Springer . 2005.
- MELO, W. C.; HOSOUME , Y. O jornal em sala de aula: uma proposta de utilização. In: ATAS DO XV SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA. CURITIBA: CEFET-PR. 2003.
- NASCIMENTO, T .; ALVETTI, M. A. S. Temas científicos contemporâneos no Ensino de Biologia e Física. **Ciência & Ensino**, vol. 1, n. 1. 2006.
- NELSON, B.; KETELHUT, D. J.; CLARKE, J.; BOWMAN, C.; DEDE, C. . Design-based Research Strategies for Developing a Scientific Inquiry Curriculum in a Multi-User Virtual Environment. **Educational Technology**, v.45, n.1, p.21–27. 2005
- NIEVEEN, N., MCKENNEY, S.; VAN DEN AKKER, J. Educational design research: the value of variety. In: Van den Akker, J., Gravemeijer, K, McKenney, S.; Nieveen, N. (Eds). **Educational design research**. London: Routledge,pp.151-158. 2006
- PATRO, EDWARD T. Teaching Aerobic Cell Respiration Using the 5 Es. **The American Biology Teacher**, Volume 70, No. 2, February 2008.
- PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 6, n. 2, p.299-309. 2007.
- PINHEIRO, N. A. M., SILVEIRA R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque cts para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.
- PLOMP, T.; NIEVEEN, N. **An Introduction to Educational Design Research**. SLO. Netherland Institute for Curriculum Development. 2007
- PLOMP, T.. Educational design research: An introduction. In: T. Plomp, & N. Nieveen (Eds.). *An introduction to educational design research* (pp. 9-35). Enschede: SLO – Netherlands Institute for Curriculum Development. 2009
- QUSE, L.; DE LONGH, A. L.¿ Qué dicen los docentes de Biología del nivel médio sobre la educación CTS? Diagnóstico en Córdoba, Argentina. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** v. 4 nº 2., (2005)
- ROQUE, N. F.; SILVA, J. L. P. B. (2008)A linguagem química e o ensino da química orgânica. **Química Nova**, v. 31,n. 4,p.921-923.
- SADLER, T. D. Evolutionary theory as a guide to socioscientific decision-making. **Journal of Biological Education**, v. 39, n. 02, pp. 68-72. 2005
- SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-23. 2000
- SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial. 2007
- SEYMOUR , J.; LONGDEN, B. Respiration—That’s breathing isn’t it? **Journal of Biological Education**, v.25, p.177–183. 1991

SIMONS, H.; KUSHNER, S.; JONES, K. & JAMES, D. From evidence-based practice to practice-based evidence: the idea of situated generalization. **Research Papers in Education**, v. 18, p. 347-364. 2003

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução Paulo bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

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

YIP, D.-Y. Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. **International Journal of Science Education** 20: 461-477, 1998.

ZABALA, A. **A Prática educativa: Como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.