

## DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DE TABULEIRO DESTINADO A AUMENTAR O NÍVEL DE APRENDIZADO E INTERESSE DO ALUNO PELO METABOLISMO ENERGÉTICO NO ENSINO MÉDIO

*Vasconcellos, L.C.<sup>1</sup>, Bonelli, R.R.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>UNIVAP/ Faculdade de Educação, Ciências Biológicas, São José dos Campos,  
luci\_vasconcellos@yahoo.com.br

<sup>2</sup>UFRJ/ Instituto de Microbiologia Prof. Paulo de Góes, Rio de Janeiro, raquel.bonelli@gmail.com

**Resumo** – O metabolismo energético, do ponto de vista molecular, é abordado na escola pela primeira vez durante o ensino médio, e concentra-se principalmente no metabolismo de glicose. No entanto, esta temática é normalmente considerada um desafio para professores e alunos, porque insere noções recém adquiridas de química em sistemas biológicos de grau de complexidade novo para este nível de formação. Este trabalho apresenta um jogo de tabuleiro como proposta de ferramenta pedagógica destinada a auxiliar os professores nas aulas de bioquímica ao ensino médio. O tabuleiro e as regras do jogo tratam de aspectos como a seqüência e a importância funcional das vias metabólicas envolvidas, a diferença entre metabolismo aeróbico e anaeróbico e a diferença do potencial energético de lipídeos e carboidratos. Elementos surpresa foram incorporados na dinâmica para revisar aspectos teóricos que fundamentam o jogo e destacar pontos de conexões do conteúdo que está sendo ensinado com o cotidiano dos alunos.

**Palavras-chave:** metabolismo, ensino médio, jogo

**Área do Conhecimento:** Educação

### Introdução

Entre o vasto conteúdo coberto pela biologia durante o Ensino Médio, encontra-se a bioquímica, abordando principalmente conceitos sobre macromoléculas, como carboidratos, lipídeos e proteínas; e o metabolismo energético, no qual estão incluídos a glicólise, o ciclo de Krebs, a cadeia transportadora de elétrons e a fosforilação oxidativa.

Considerada difícil pela maioria dos alunos (WOOD, 1990), a bioquímica configura um desafio também para os professores, uma vez que correlaciona conceitos químicos e processos biológicos complexos, dois aspectos com os quais o aluno recém introduzido no ensino médio não está completamente familiarizado. Araújo (2005), referindo-se especificamente ao metabolismo energético, afirma que uma forma eficiente de potencializar o aprendizado é estabelecer conexões do conteúdo ministrado com assuntos de interesse dos alunos como dietas e exercícios físicos. Reconhecendo a necessidade de dinamizar as abordagens desta temática, ferramentas didáticas baseadas em estudos de caso (SÉ *et al.*, 2008), informática (LEADER, 1999) e quadros (NAGATA, 1999) também foram desenvolvidos.

Além da motivação para o aprendizado, outro aspecto que merece atenção no ensino da bioquímica é a necessidade de transmitir ao aluno uma percepção um pouco mais próxima da realidade dinâmica que caracteriza o metabolismo energético. Avaliando alunos do primeiro período

de graduação, Luz e Da Poian (2005) constataram que, como o ensino médio costuma se concentrar quase que exclusivamente nas vias metabólicas relacionadas à glicose, a concepção dominante entre os alunos é que apenas a glicose tem função energética, enquanto lipídios fazem “reserva” e proteínas são “estruturais”.

Este trabalho apresenta um jogo de tabuleiro (provisoriamente chamado “Jogo do Queima e Ganha”) que pode ser usado como ferramenta complementar no ensino do metabolismo energético. Procurou-se organizar um tabuleiro e uma dinâmica que deixassem claros a seqüência e os pontos de conexão entre as vias metabólicas abordadas, o papel do ciclo de Krebs e da cadeia transportadora de elétrons na obtenção de energia, bem como a diferença entre metabolismo aeróbico e anaeróbico e do potencial energético de glicose e ácidos graxos. Adicionalmente, foi usada uma estratégia para estimular os alunos a revisar conceitos teóricos durante o jogo e memorizar pontos de conexão deste sistema aparentemente distante do seu cotidiano com assuntos de seu interesse.

### Metodologia

O tabuleiro, as perguntas-surpresa e as situações-surpresa foram elaborados baseados em conhecimentos amplamente difundidos em livros de bioquímica básica e aplicada (NELSON; COX, 2006; DEVLIN, 2003). A parte gráfica do tabuleiro foi desenhada em *software* adequado (PowerPoint, da Microsoft®)

Um protótipo do jogo foi construído para testes, fazendo uso de materiais de baixo custo e fácil acesso (isopor, cartolina, papel sulfite e botões). O jogo que será apresentado aos alunos pode ser montado usando estas mesmas matérias-primas, ou outras, de acordo com os interesses e os recursos financeiros da escola.

## Resultados

A parte física do jogo é formada por sete componentes, conforme descrito na Tabela 1.

Quanto às regras, para os participantes o objetivo do jogo é conseguir o maior número de ATPs num período de tempo pré-determinado pelo professor (idealmente 2 horas-aula). ATPs podem ser gerados diretamente nas vias metabólicas (conforme demonstra o tabuleiro) ou pela utilização de NADH e FADH<sub>2</sub> na cadeia

transportadora de elétrons (cada NADH é convertido em três ATPs e cada FADH<sub>2</sub>, em dois ATPs). Ainda que dados experimentais mais recentes indiquem que cada NADH pode gerar 2,5 ATPs e cada FADH<sub>2</sub>, 1,5 ATPs (NELSON; COX, 2006), este arredondamento foi necessário para simplificar a contagem pelos alunos.

A dinâmica do jogo foi planejada para até 4 jogadores por tabuleiro. Todos os jogadores iniciam o jogo com 2 ATPs, a fim de assegurar o início da via glicolítica. Na primeira rodada, cada participante deve jogar os dados dos nutrientes e do metabolismo, receber seu respectivo nutriente e movimentar-se de acordo com o estabelecido por pelo sorteio. Esses 2 dados poderão ser lançados novamente durante o jogo sempre que (e somente se) a reserva de nutrientes do jogador tiver se esgotado.

**Tabela 1:** Componentes do “Jogo do Queima e Ganha”

Elemento	Papel no jogo	Conteúdo
1 tabuleiro	Representa as vias metabólicas como caminho a ser percorrido pelo jogador na queima dos nutrientes	Ilustra a glicólise, a conversão de piruvato em acetil-CoA, a conversão de ácido palmítico em unidades de acetil-CoA, o ciclo de Krebs, a cadeia transportadora de elétrons e a fosforilação oxidativa (Fig 1)
1 dado dos nutrientes	Determina os nutrientes disponíveis para cada jogador	Cinco faces do dado apresentam diferentes quantidades de moléculas de glicose e uma face apresenta uma molécula de ácido palmítico
1 dado do metabolismo	Estipula uma intensidade de exercício e metabolismo, que determinam a velocidade com que o jogador poderá queimar o nutriente sorteado no dado dos nutrientes	Cada face do dado apresenta uma combinação diferente. Exemplos: “Esta célula está em metabolismo aeróbico e repouso – ande de 7 em 7 casinhas; “Esta célula está em metabolismo anaeróbico, ande de 11 em 11 casinhas, somente na glicólise”
1 dado das casinhas	Determina o movimento do jogador a cada rodada	Faces de cores diferentes definem se o jogador vai andar conforme determinado pelo dado do metabolismo, se vai pegar uma carta de “situação-surpresa”, ou se vai ter que responder uma “pergunta-surpresa”
Botões (ou outro tipo de marcador visual)	Identificam o jogador e o estágio em que se encontra o metabolismo do seu nutriente	Cada jogador é representado por uma cor, 5 formas diferentes para cada cor indicam, respectivamente, intermediários metabólicos de glicose a frutose-1,6-bifosfato, de gliceraldeído-3-fosfato a piruvato, de acetil-CoA a oxaloacetato, NADH e FADH <sub>2</sub>
10 cartas “Situação-surpresa”	Correlacionam assuntos frequentemente discutidos na sociedade com a teoria do metabolismo energético e influenciam no andamento do jogo	Exemplos: “Você é sedentário - volte 3 casinhas”; “Diabetes tipo 2: suas células não respondem adequadamente à insulina - volte 2 casinhas”; “Você está realizando exercícios seguindo orientações de uma pessoa qualificada - ande 10 casinhas”
15 cartas contendo “Perguntas-surpresa”	Revisam aspectos da teoria que fundamenta o jogo. Uma resposta errada impede o jogador de andar na rodada	Exemplos: “Dentre as três vias metabólicas envolvidas no metabolismo de carboidratos, qual ocorre no citoplasma?” “Qual a função da insulina?” “Qual via metabólica é a principal responsável pela produção do CO <sub>2</sub> liberado na expiração?”

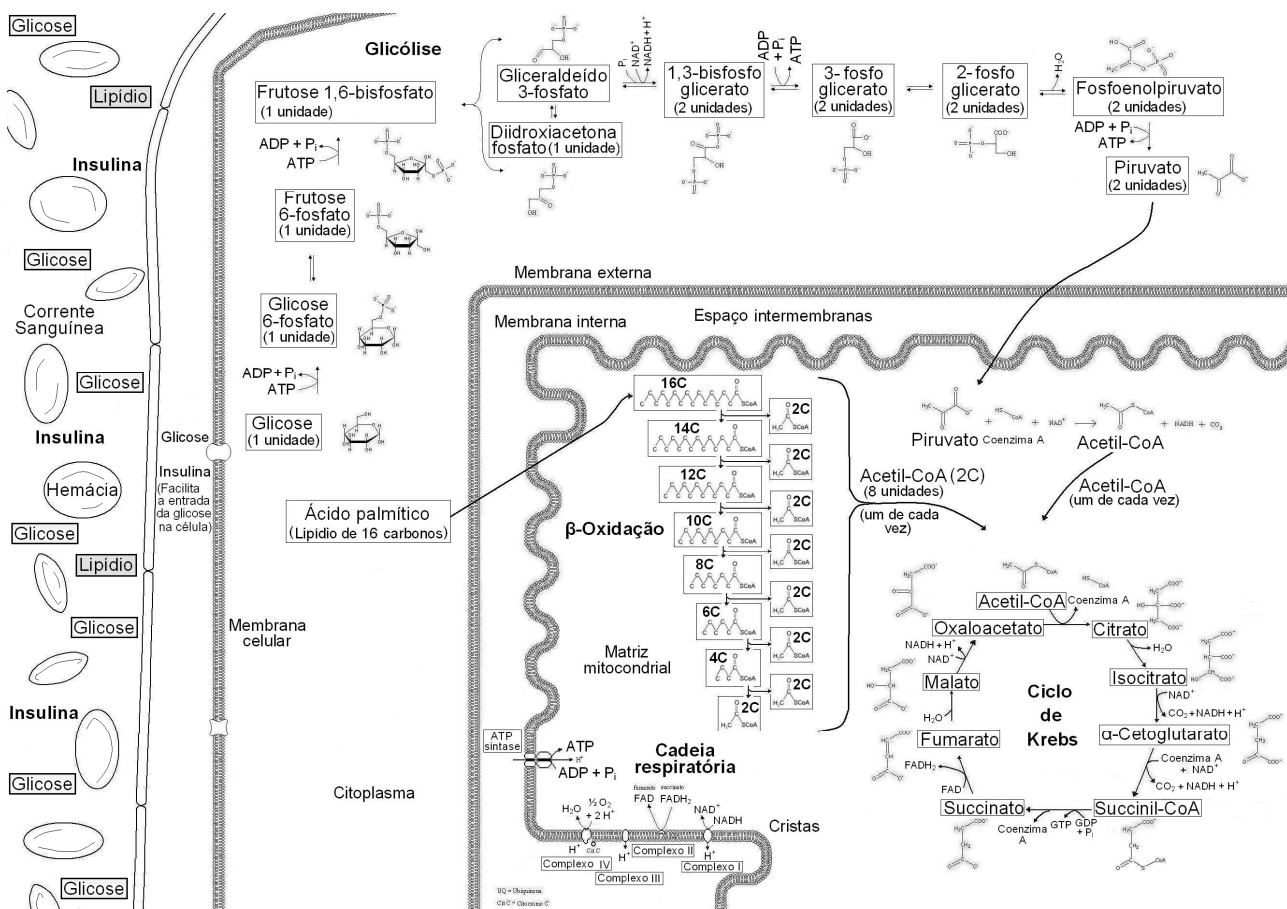
As condições de metabolismo estabelecidas no sorteio inicial valem até o final da “queima” do respectivo nutriente. No entanto, para evitar um excessivo mecanicismo no jogo foi definido que, a partir da segunda rodada, o jogador terá seu movimento determinado pelo dado das casinhas. Neste caso, um código de cores indica se o jogador deve avançar conforme definido pelo dado do metabolismo, se deve tirar uma carta “situação-supresa” e seguir a instrução nela presente, ou se deve responder a uma “pergunta surpresa” lida por um colega e, de acordo com a resposta, conquistar o direito de andar normalmente ou perder a rodada.

A abordagem do metabolismo de lipídios se dá de forma simplificada, destacando apenas a sua conversão em acetil-CoA e o fato de dependerem de metabolismo aeróbico para sua queima. No caso de o sorteio inicial indicar o ácido graxo como nutriente e metabolismo anaeróbico, um novo esquema metabólico deve ser sorteado. Derivados

metabólicos gerados a partir da quebra de moléculas de glicose e ácido graxo fazem o percurso no tabuleiro separadamente, dando ao aos alunos uma noção do potencial energético relativo destes dois nutrientes.

As moléculas de NADH e FADH<sub>2</sub> podem ser convertidas em ATPs somente após percorrerem os complexos da cadeia transportadora de elétrons até a ATP sintase (ponto final da via), tornando possível a visualização do papel fundamental destas coenzimas na obtenção de energia. Para fins práticos, a regra do jogo estabelece que o movimento ao longo da cadeia transportadora de elétrons funciona da mesma forma que as de outras partes do tabuleiro e está sujeito ao metabolismo estabelecido pelo dado das casinhas.

Figura 1: Representação do tabuleiro do “Jogo do Queima e Ganha” em tamanho reduzido.



## Discussão

Muitos educadores que atuam no ensino de bioquímica têm buscado desenvolver ferramentas didáticas alternativas fazendo uso de criatividade e tecnologia. Machado e colaboradores (2004) implementaram um projeto baseado no desenvolvimento e aplicação de um *software* com animação interativa; Leader (1999) descreveu um *software* que trata da regulação do metabolismo conforme a disponibilidade de nutrientes e a intensidade de exercício. No entanto, ambas as propostas são destinadas a alunos de graduação, já mais avançados. Moreira (2007), por outro lado, sugere o uso do corpo em dinâmicas realizadas em sala de aula para o ensino de bioquímica e biologia molecular. A atividade, bem-sucedida e de baixo custo, apresentou, contudo, como desafio de implementação, a rejeição inicial de alguns alunos ao contato corporal. Neste sentido, o “Jogo do Queima e Ganha”, aqui apresentado, também será tanto mais eficiente quanto maior for o envolvimento dos alunos com a proposta. O fato de esta ser uma atividade lúdica envolvendo competitividade, além de citar temas de interesse do universo adolescente (como exercícios físicos) deve contribuir para estimular os alunos a desenvolverem a atividade com comprometimento.

Apesar de o metabolismo de lipídeos normalmente não fazer parte do conteúdo programático do ensino médio, sua incorporação simplificada no jogo teve a intenção de quebrar a concepção dominante de que somente a glicose funciona como fonte de energia (LUZ; DA POIAN, 2005). Infelizmente, devido a sua complexidade, não foi possível adicionar o metabolismo de proteínas nesta dinâmica, no entanto, este aprofundamento pode ser feito pelo professor na aula teórica.

De fato, uma mudança de foco para o Ciclo de Krebs como via integradora do metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas, contribuiria para formar alunos mais aptos a compreender, ainda que superficialmente, o metabolismo como um todo. Isto possibilitaria formar cidadãos mais preparados a interpretar e participar de debates que surgem na mídia e na sociedade em geral relativos a este tema, conforme recomenda o Ministério da Educação, nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006).

## Conclusão

Por meio deste trabalho, espera-se ter oferecido aos professores uma alternativa eficiente e de baixo custo a fim de potencializar o aprendizado da bioquímica por parte dos alunos do ensino médio, tema escolar que está intrinsecamente ligado às questões que fazem parte da vida do jovem atual.

As próximas etapas do projeto envolvem a avaliação do jogo por professores de biologia e, após eventuais alterações motivadas por suas sugestões, aplicação da dinâmica em sala de aula.

## Referências

ARAÚJO, M. A. V. Contextualização e pedagogia de projeto no curso de Biologia. In: **1º Colóquio Internacional de Epistemologia e Pedagogia das Ciências**, Rio de Janeiro, RJ. Palestra, 2005.

BRASIL - SECRETARIA DE EDUCAÇÃO BÁSICA. Orientações curriculares para o ensino médio, 2006.

DEVLIN, T. M. **Manual de Bioquímica com correlações clínicas**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

LEADER, D. P. The Glasgow Metabolism Suite: undergraduate software for intermediary metabolism. **Biochemical Education**, v.27, p.27-30. 1999.

LUZ, M. R. M. P.; DA POIAN, A. T. O ensino classificatório do metabolismo humano: conseqüências e propostas de mudanças. **Ciência e Cultura**, v. 57, n.4, p. 43-45, 2005

MACHADO, M. S.; RICARDO, J; SUGAI, J. K.; ANTÔNIO, R. V.; HEIDRICH, D. N. Bioquímica através da animação. **Extensio: Revista Eletrônica de Extensão**, Ano 1, n.0, 2004.

MOREIRA, L. M. O uso do corpo como ferramenta pedagógica: um modelo alternativo que desconsidera a ausência de recursos específicos para o ensino de bioquímica e biologia molecular no ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, n.1, Art. D. 2007.

NAGATA, R. Learning biochemistry through manga - helping students learn and remember, and making lectures more exciting. **Biochemical Education**, v.27, p.200-203, 1999.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger – Princípios de Bioquímica**. 4 ed. São Paulo: Sarvier, 2006

WOOD, E. J. Biochemistry is a difficult subject for both students and teacher. **Biochemical Education**, v.18, n.4, p.170-172, 1990.

SÉ, A. B.; PASSOS, R. M.; ONO, A. H. HERMES-LIMA, M. Use of multiple tools for teaching medical biochemistry. **Advances in Physiology Education**, v. 32, p. 38-46, 2008.