



## Relato de uma experiência com o uso do Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual do Ciclo de Krebs

Ana Maria Ponzio de Azevedo<sup>1</sup>  
Gustavo Brandalise Lazzarotto<sup>2</sup>  
Maria Isabel Timm<sup>3</sup>  
Milton Antônio Zaro<sup>4</sup>

**Resumo.** O trabalho apresenta experiência de uso de software educacional, para estudo de uma rota metabólica, denominado Diagrama Metabólico Dinâmico (DMDV) do Ciclo de Krebs. A experiência foi realizada com dois grupos distintos de alunos. O primeiro grupo composto por 11 monitores de Bioquímica, analisou a operacionalidade do software, respondendo a um questionário específico, considerando o DMDV de fácil navegação e agradável ao uso. O segundo grupo foi formado por 47 alunos matriculados na disciplina de Bioquímica da FFFCMPA<sup>5</sup> e subdivididos nos grupos A e B. O grupo A utilizou o software como método de estudo e o grupo B, considerado grupo controle, utilizou versão DMD (papel). A avaliação do conhecimento dos alunos do segundo grupo foi feita por uma prova escrita e pela análise de três mapas conceituais construídos por cada aluno: o primeiro antes de iniciar o estudo, o segundo após o estudo e o terceiro após dois meses do estudo. Todos os mapas conceituais construídos após o uso do DMDV ou do DMD indicaram expansão de conceitos em relação aos mapas iniciais. Todos os alunos alcançaram nota superior a 5 na prova escrita. Os resultados apresentados sugerem a validade do uso do método do DMDV para o estudo de uma rota metabólica.

**Palavras-Chave.** Ensino de Bioquímica, Software Educacional, Jogo Educacional, Multimídia, Ciclo de Krebs.

**Abstrat.** This work presents the use of educational software to study metabolic pathways, called Virtual Metabolic Dynamic Diagram (DMDV) of Krebs' Cycle. Experience with the use of this method was carried through with two distinct groups of students. The first group was composed by 11 assistant students of FFFCMPA's Biochemistry course, who answered a specific questionnaire to previously evaluate the software. They considered DMDV of easy and pleasant navigation. The second group was formed by 47 students in the FFFCMPA's Biochemistry Course, part of them (group A) using the software as a study method, and a group B, acting like a control group, using paper version of Dynamic Metabolic Diagram (DMD). Knowledge evaluation of the second group students was made by a written test and the analysis of three conceptual maps constructed by each one of them: one map before initiating the study with the DMDV or DMD, the second just after the study and the third one two months later. Every conceptual maps produced after study method showed an expansion of valid concepts if compared with the first maps. All students who passed through the experiment reached a greater than five grade in the subject's written test. Current results suggest the validity of the DMDV related method to metabolic pathway study.

**Key words:** Biochemistry, Educational Software, Games, Multimedia.

### Introdução

Esse trabalho tem por objetivo relatar uma experiência realizada com os alunos do curso de graduação em Medicina da Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre (FFFCMPA) com o uso de software educacional do tipo jogo, denominado Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual (DMDV), para o Ciclo de Krebs.

<sup>1</sup> Profa. Adjunta da Disciplina de Bioquímica da Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre (FFFCMPA) Mestre em Bioquímica e Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PGIE - UFRGS). [anzevedo@terra.com.br](mailto:anzevedo@terra.com.br)

<sup>2</sup> Acadêmico de Medicina da FFFCMPA e de Ciência da Computação da Universidade de Caxias do Sul. [avatar@visao.com.br](mailto:avatar@visao.com.br)

<sup>3</sup> Jornalista, Doutoranda do PGIE – UFRGS, coordenadora do Núcleo Multimídia em Educação a Distância (NMEAD)/Grupo de Estudos Tecnológicos (GET) ([betatimm@ufrgs.br](mailto:betatimm@ufrgs.br))

<sup>4</sup> Dr. Professor da Escola de Engenharia e do PGIE/UFRGS, coordenador do Núcleo Multimídia em Educação a Distância (NMEAD)/Grupo de Estudos Tecnológicos (GET) [zaro@ufrgs.br](mailto:zaro@ufrgs.br)

<sup>5</sup> Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre.

O DMDV foi inspirado no método de ensino desenvolvido e utilizado, na disciplina de Bioquímica da FFFCMPA, desde 1991: um jogo de seqüência lógica, denominado de Diagrama Metabólico Dinâmico (DMD), cuja aplicação reduziu em 16% os índices de reprovação na disciplina.<sup>6</sup>

O DMDV é um software que permite ao usuário aprender, estudar e revisar conteúdos referentes ao metabolismo energético, Ciclo de Krebs através de:

a. jogos interativos com a seqüência de substratos e enzimas das rotas metabólicas, seu controle, inibição, papel de vitaminas para seu correto funcionamento e sua relação com outros sistemas.

b. leitura de textos sobre as funções e características do Ciclo de Krebs, assim como marcos históricos em seu desenvolvimento

c. resolução de questões dissertativas e de escolha múltipla.

O DMDV permite, ainda, ao aluno acompanhar discussões em um grupo de estudo ou expor seus dados, temas e observações pessoais em Fóruns, Chats ou mesmo usando seu próprio correio eletrônico. Ele tem também a possibilidade de armazenar suas anotações pessoais no Diário de Bordo. Isto tudo permite que o DMDV possa ser usado pelo professor como ferramenta de ensino em classes presenciais ou a distância. Ao professor é facultada a escolha da prática pedagógica que ele quer seguir: interacionista ou não; ao aluno é dada liberdade de escolher como ele quer estudar: lendo textos, respondendo perguntas ou participando do jogo de seqüência lógica.

## O Ensino de Bioquímica

As motivações mais freqüentes dos estudantes que ingressam no curso de Medicina são o interesse no ser humano, o desejo de auxiliar as pessoas a resolver problemas de saúde. Não é raro, portanto, encontrar-se situações em que, ao cursar as disciplinas básicas dos cursos de formação de médicos, como a Bioquímica, os estudantes sentem-se desinteressados e entediados, porque não conseguem perceber a relação entre os conteúdos básicos que estão recebendo e sua aplicação, na prática médica. Além disso, o conteúdo de Bioquímica é particularmente difícil para o aluno pelo fato de necessitar conhecimentos prévios sobre propriedades das substâncias presentes no organismo vivo. Entre vários exemplos, pode-se citar uma prática de laboratório, para identificação da glicose na urina; neste caso o aluno poderá usar um reativo com sulfato de cobre e identificará o aparecimento de uma coloração vermelho-tijolo, devido à precipitação do Cobre que sofreu redução, enquanto que a glicose se oxidou. Para compreender o processo, o aluno teve ter um esquema mental das reações de oxido-redução. Nesta situação ele pode aceitar que ocorreu a reação, mas não visualiza a transformação sofrida pela glicose. O aluno estará lidando com conceitos abstratos, sendo necessário fazer representações das reações que acontecem na célula. Muitas vezes o aluno não consegue acompanhar uma aula expositiva e apresenta dificuldades no aprendizado, devido ao grande grau de abstração presente nesta disciplina.

Nem sempre é possível ao professor adequar-se às necessidades de cada aluno, uma vez que cada um tem características individuais que devem ser respeitadas, justificando, portanto, a realização deste estudo.

---

<sup>6</sup> O jogo, na sua primeira versão, não virtual, já foi devidamente documentado em publicação na revista *Biochemical Education*, (Siqueira, 1992).

Diante deste fato, a informática pode proporcionar uma nova dinâmica ao processo de construção do conhecimento e favorecer o trabalho do professor, possibilitando que o conteúdo, a ser abordado, seja apresentado por meio de imagens, que ilustram e facilitam a compreensão das informações e dos conceitos propostos. Através do computador, é possível reunir diferentes tipos de mídias, permitindo a realização de atividades que exploram as diversas habilidades de cada indivíduo.

Com os recursos da hipermídia é possível facilitar a compreensão do aluno, permitindo, por exemplo, uma visão mais próxima do que ocorre nas transformações sofridas pelas substâncias no organismo vivo.

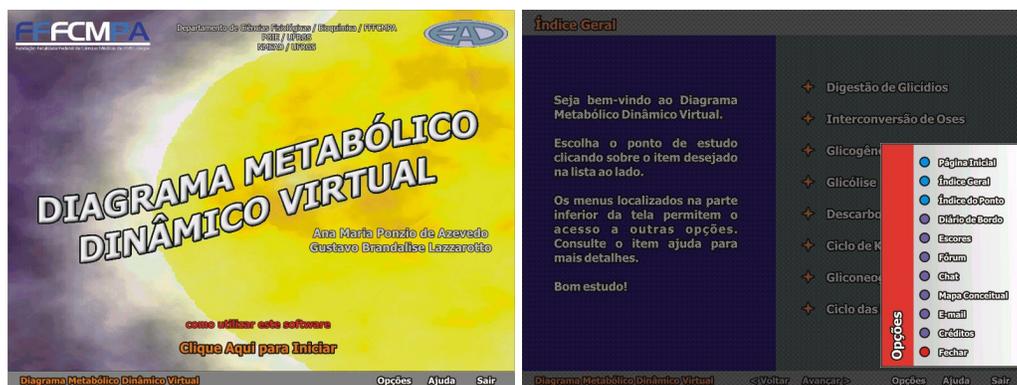
Visando facilitar a compreensão de rotas metabólicas e possibilitando ao aluno uma maior interação com os conteúdos e conseqüentemente melhor aprendizado é que foi desenvolvido o DMDV e o método foi testado com os alunos.

### Estrutura e desenvolvimento do DMDV

O software foi dividido em diversos módulos funcionais, os quais serviram de base para a descrição do sistema. São eles: o sistema gerente; a estrutura telas e outros dados da interface; as bases de dados com usuários, questões, respostas e registros. A plataforma para desenvolvimento do software foi a linguagem orientada a objetos C++<sup>7</sup>. A linguagem C++ - amplamente difundida atualmente nos meios acadêmicos e industriais - tem todas as características de uma linguagem de programação moderna e de alto desempenho.

As capacidades gráficas são fornecidas pela *toolkit* FLTK. A construção da interface gráfica, assim como a estrutura dos jogos, é feita mediante arquivos do tipo hipertexto. A disponibilidade, em diversos sistemas operacionais, torna possível o uso do aplicativo, simultaneamente, nas plataformas Win32 e GNU/Linux. A estrutura atual do gerenciador também inclui um esquema para autenticação e gerenciamento de usuários através de redes TCP/IP tal como a Internet. O serviço de comunicação é implementado sobre a biblioteca padrão de *sockets*. Pode-se armazenar o desempenho do aluno nas atividades para posterior verificação. Em esquema de armazenamento local também é disponibilizado para usuários sem conexão com um servidor de gerenciamento de usuários. Um Módulo de Tutor permite o acompanhamento pelo professor dos caminhos percorridos pelo aluno; ferramentas para aplicação no Ensino a Distância como *chat* e um fórum de discussão; acesso ao software *Cmaps Tools* para elaboração de mapas conceituais, de forma individual ou colaborativa.

Na Figura 1, exemplos de uma das telas iniciais e a tela aberta das opções.



<sup>7</sup> A programação foi desenvolvida pelo bolsista Gustavo Lazzarotto.

Figura 1 - Interface de acesso ao software e da tela com as opções

Na tela de jogo, o usuário pode interagir com a interface, em forma de tabuleiro, escolhendo os compostos para montar a rota metabólica de acordo com o seu conhecimento sobre o assunto. Após a colocação do composto no lugar correto, uma caixa de texto é aberta, com uma pergunta para ser respondida pelo estudante, a qual o induz a fazer inter-relações e novas descobertas. O próprio estudante pode corrigir sua resposta após a consulta a um texto complementar, cujo acesso só é permitido após ter escrito a resposta. O sistema também permite ao usuário seguir adiante na atividade sem responder a pergunta, entrar em outra atividade ou sair. A Figura 2 mostra a tela de jogo onde se pode visualizar alguns dos recursos comentados anteriormente.

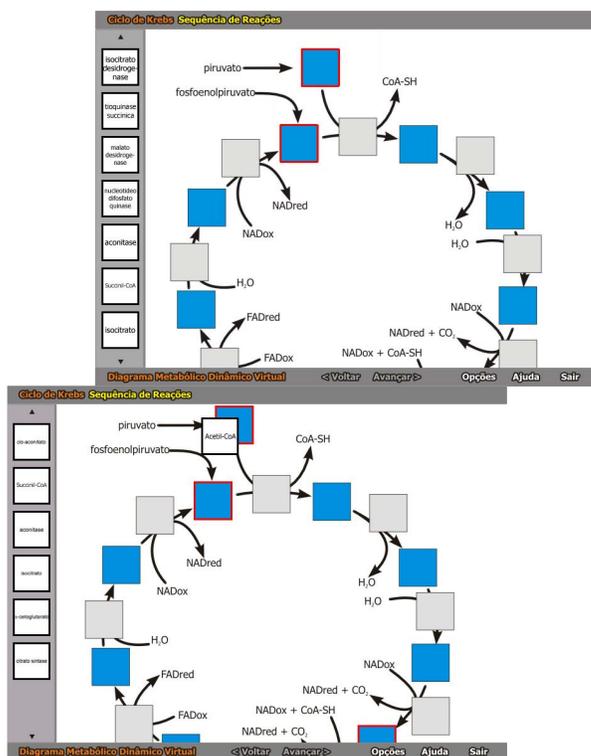


Figura 2 - Telas com um jogo do aplicativo, com interface em forma de tabuleiro e peças do tipo arrastar-soltar

Também estão disponíveis entradas para vídeos contendo animações, na mesma interface, assim que o aluno completa uma reação do ciclo (a figura 3 mostra a reprodução de uma animação para exemplificar visualmente a reação catalisada pela enzima *citrato sintase*). Há ainda opções para reprodução de arquivos de som para a narração de uma breve orientação ao usuário, entre outras finalidades.

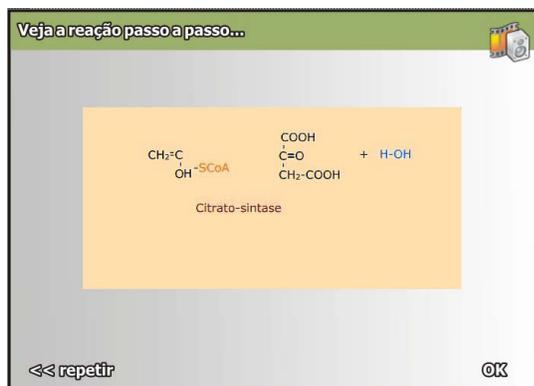


Figura 3 - Exemplo de tela com animação que facilita a compreensão visual da reação

O software pode ser utilizado por um ou mais usuários, propiciando um ensino individualizado, o qual respeita o estilo de aprendizagem de cada aluno, ou um estudo em grupo, no qual é possível ocorrer a colaboração e a cooperação entre os usuários.

### Experiência com o uso do DMDV

A experiência com a utilização deste método é ainda muito pequena. Foram realizados dois experimentos com grupos distintos de alunos. O primeiro grupo composto por 11 monitores de Bioquímica com conhecimento maior do conteúdo, com objetivo de testar o funcionamento do software quanto a sua navegabilidade, acessibilidade, interesse e satisfação com o uso. Isso foi feito através de um questionário, cujos resultados estão mostrados na tabela 1.

Vários comentários e observações foram colocadas na folha, a maioria delas parabenizando pela iniciativa de fazer um material fácil e atrativo ao uso. Uma das monitoras sugeriu que se colocasse um relógio na tela, pois o jogo era tão envolvente que o aluno poderia acabar perdendo outras aulas. Outros sugeriram aumentar o tamanho das fórmulas das peças.

Tabela 1 - Avaliação do Ambiente de Programa (notas de 1 a 5)

	Média Pontos
O formato de exibição na tela é adequado	4,9
O tamanho de cada seção é apropriado	4,3
O programa permite reverter as ações	4,8
O volume de informações por tela é adequada	4,2
O esquema de cores é agradável	4,4
As opções de menu são acessíveis de qualquer tela do programa	4,2
O programa oferece diferentes caminhos, igualmente seguros, ao usuário?	4,3
O programa é capaz de processar rapidamente os dados	4,4
O tamanho de cada seção é apropriado	4,6
O programa faz consistência dos dados de entrada	4,3
O programa pode ser operado por usuários sem o conhecimento prévio de implementação de sistemas de computação	4,3



O sistema utiliza um número adequado de mensagens	4,6
As mensagens do sistema utilizam um vocabulário simples e adequado ao usuário	4,6
As mensagens do sistema são objetivas e adequadas	4,2
As mensagens do sistema estão escritas segundo normas ortográficas da língua portuguesa	4,4
As orientações ao usuário é de boa qualidade, abrangente, acessível na leitura e dá suporte suficiente e necessário para o uso do sistema	4,3
O programa pode oferecer diferentes tipos de auxílio ao usuário	4,3

O segundo grupo da experiência foi formado pelos alunos regularmente matriculados na Disciplina de Bioquímica da FFFCMPA, com o objetivo de verificar se o método de estudo do DMDV promoveu a aprendizagem. Os alunos do segundo grupo foram sub-divididos, aleatoriamente, em dois grupos: A e B. O grupo A utilizou o DMDV na sala de aula informatizada durante duas horas; e o grupo B fez o estudo com o DMD, uma versão em papel do mesmo tipo de jogo, auxiliados por um monitor, durante as mesmas duas horas de aula.

A todos os participantes foi pedido que fizessem um mapa conceitual<sup>8</sup> sobre o Ciclo de krebs antes de iniciar o estudo, um segundo mapa conceitual após terem feito o estudo (no término da aula) e um terceiro mapa foi solicitado dois meses depois do teste. O uso do mapa conceitual possibilita uma avaliação diferenciada do trabalho do aluno pelo professor.

O primeiro mapa mostrou o conhecimento prévio do aluno em relação aos conceitos que seriam trabalhados, o segundo a influência do método de estudo e o terceiro a consolidação do conhecimento adquirido. O fato destes alunos já terem trabalhado com mapas conceituais e de já ter sido feito um trabalho prévio sobre o uso de Mapas Conceituais e o Jogo DMD como estratégias pedagógicas de ensino e aprendizagem de Bioquímica (Azevedo, 2003) na disciplina de bioquímica indicou este instrumento como válido na avaliação da aprendizagem do aluno. Para a construção do mapa conceitual foram utilizados apenas papel, lápis e canetas.

Além do mapa conceitual, para avaliar a aprendizagem do aluno, foi realizada, com a prova escrita do bimestre, uma parte específica (valendo 10 pontos) sobre o Ciclo de Krebs, a qual foi repetida dois meses depois, junto com a construção do terceiro mapa conceitual.

Algumas observações gerais puderam ser realizadas a partir da análise dos mapas conceituais de todos os participantes. Os mapas iniciais indicam que todos os alunos possuíam algum esquema mental prévio sobre o conceito proposto. A observação puramente visual comparativa entre os três mapas iniciais de cada participante mostra que houve uma agregação de novos elementos, reforçando a oportunidade do uso de mapas conceituais na aprendizagem, conforme proposta por Moreira (1987). Os alunos com menor conhecimento prévio (menos representações no mapa inicial) apresentaram maior expansão do mapa conceitual final. Essa observação corrobora a idéia de Amoretti (2000), de que os mapas são uma representação aberta do conhecimento e

<sup>8</sup> Como os mapas conceituais foram produzidos com lápis e papel, e por se tratar de um conjunto de 141 mapas, não são apresentados neste documento. Encontram-se disponíveis, junto aos autores.



podem ser ferramentas capazes de mostrar as mudanças ocorridas na capacidade de representação prévia do aluno. Com raras exceções, tanto o mapa conceitual inicial como o final de todos os participantes foram coerentes, coesos, expressivos e lógicos. Alguns mapas conceituais iniciais apresentaram um pequeno número de conceitos e relações.

Os mapas conceituais construídos após o jogo apresentaram uma evolução na inter-relação entre conceitos, de tal forma que não se caracterizem como fragmentos, mas sim como partes de um todo, cujas relações são fundamentais para a compreensão do conteúdo em seu sentido mais complexo, que inclui generalizações, abstrações e disposição de conteúdos por ordem de relevância e sentido. Por exemplo, nos mapas conceituais iniciais apareceram nos elos várias vezes a palavra “é” enquanto que nos outros dois mapas encontram-se relações como “oxida”, “produz”.

Em todos os mapas conceituais evidencia-se a predominância do caráter associativo em relação ao caráter classificatório.

Os terceiros mapas apresentaram mais conceitos gerais e inter-relações com outras rotas metabólicas, conceitos de relações com a síntese de uréia, a função do ciclo, controle, o que dá uma perfeita idéia da inserção do conceito em um conjunto contextualizado. Isto pode ser explicado pelo fato dos alunos neste momento já terem avançado no conteúdo da Disciplina<sup>9</sup>.

Em todos os mapas apareceram conceitos relacionados a função, localização e características do ciclo metabólico. No segundo mapa, além desses apareceram os nomes dos substratos e enzimas do ciclo, o que parece sugerir um favorecimento da memorização logo após a utilização do software.

Alguns alunos relataram que foi difícil fazer o primeiro mapa e, após o jogo, foi fácil fazer o segundo. Tal postura remete à consciência do aluno sobre o seu processo de aprendizado, cujo indicador é o próprio mapa.

Embora se aceite que não se possa dar conceito certo ou errado para um mapa conceitual, numa tentativa de quantificar os resultados foi estipulada uma pontuação aos conceitos colocados, primeiramente com peso igual (método 1) para todos os conceitos; num segundo momento, os conceitos foram agrupados de acordo com a complexidade de envolvimento de estruturas cognitivas necessárias para relacionar o conceito e foram dados pesos diferentes (método 2), estabelecendo-se um valor negativo para o conceito errado presente no mapa. Os conceitos considerados para a pontuação foram os presentes no mapa conceitual sobre este assunto do livro de Bioquímica de Mary Campbell (2000).

Após esta pontuação foi feita uma comparação entre os dois grupos e a análise estatística utilizando o teste t de Student, indicou que os dois grupos não apresentaram diferença significativa.

A tabela 2 mostra os conceitos e as pontuações dadas a cada conceito no método 1 e no método 2 de avaliação e a tabela 3 mostra as médias das pontuações obtidas pelos alunos e a média da nota das provas escritas.

---

<sup>9</sup> Logo após o teste, ocasião em que construíram o segundo mapa, os alunos só tinham estudado o metabolismo dos glicídios, e no momento em que fizeram o terceiro mapa já tinham estudado o metabolismo dos glicídios, lipídios e proteínas.

**Tabela 2: Critérios de Análise**

Conceito	Valor/unid Método 1	Valor/unid Método 2
Localização	1	1
Função	1	5
Generalidades	1	5
Via Anfibólica	1	5
Relações	1	5
Substratos	1	1
Enzimas	1	1
Reações redox	1	1
Vitaminas	1	1
Fosfo Nivel S	1	5
Balancete	1	5
Inibição	1	1
Controle	1	1
Conceito errado	-1	-1

A tabela 3 mostra a média e o desvio padrão da pontuação obtida dos dois grupos com o métodos 1 e 2.

**Tabela 3 – Média e desvio padrão das notas obtidas pelos alunos nas duas provas escritas (Nota I e Nota II) dos grupos A e B e a média da pontuação aferida aos mapas conceituais (MC) ao primeiro mapa, pelo método 1 (1º MC 1); segundo mapa pelo método 1 (2º MC 1) e terceiro mapa pelo método 1 (3º MC 1); o mesmo para o método 2**

	Nota I	Nota II	1º MC 1	2º MC 1	3º MC 1	1º MC 2	2º MC 2	3º MC 2
<b>MÉDIAS</b> <b>GrupoA DMDV</b> n= 24	<b>7,46</b>	<b>7,81</b>	<b>8,63</b>	<b>15,92</b>	<b>12,63</b>	<b>24,83</b>	<b>38,67</b>	<b>31,67</b>
Desvio Padrão	<b>1,65</b>	<b>1,37</b>	<b>3,79</b>	<b>4,36</b>	<b>4,38</b>	<b>7,69</b>	<b>11,05</b>	<b>11,53</b>
<b>MÉDIAS</b> <b>GrupoB DMD</b> n = 23	<b>8,59</b>	<b>7,58</b>	<b>9,00</b>	<b>16,87</b>	<b>12,78</b>	<b>25,48</b>	<b>44,78</b>	<b>37,43</b>
Desvio Padrão	<b>1,25</b>	<b>2,19</b>	<b>2,81</b>	<b>5,33</b>	<b>4,36</b>	<b>8,44</b>	<b>12,69</b>	<b>12,83</b>

Em relação às provas escritas: o aluno havia sido avisado e se preparou para a primeira prova, o que não ocorreu com a segunda prova, feita de surpresa. Isto sugere que os resultados da segunda nota indicam conhecimento estruturado e não apenas memorização pré-prova.

A análise dos mapas conceituais sugere que:

- em ambos os grupos (médias GrupoA e médias GrupoB), os alunos tiveram uma performance média equivalente;
- os segundos mapas conceituais dos alunos que usaram tanto o DMDV como o DMD apresentaram uma evolução em relação aos primeiros, tanto no método 1 quanto no método 2;
- nos terceiros mapas, houve uma diminuição da pontuação média em todos os grupos, em relação aos segundos mapas, sem que, entretanto, o resultado fosse inferior ao dos primeiros mapas, o que foi interpretado como evocação de conhecimento estruturado, uma vez que foram realizados dois meses após o estudo.



## Conclusões

Os resultados preliminares, que ainda não permitem uma análise definitiva, mostraram que tanto os alunos que utilizaram o jogo no formato de tabuleiro convencional, como aqueles que usaram o software DMDV, alcançaram média acima de 7 na prova escrita e a comparação entre os mapas conceituais dos alunos dos grupos A e B não mostrou diferença significativa, o que, para nós, significa que o método do DMDV, que estamos iniciando ao uso, é tão válido quanto o método do DMD, cuja aplicabilidade já tem sido comprovada ao longo de mais de 10 anos (Azevedo, 2002).

Convém salientar que, o acompanhamento das atitudes dos alunos durante a aplicação dos métodos e os depoimentos deixados nos blocos de notas do ambiente indicam que aqueles que usaram o DMDV mostraram-se muito mais satisfeitos do que os que usaram a versão não virtual (tabuleiro e cartas).

## Referências

AMORETTI, M. S. M. Protótipos e estereótipos: aprendizagem de conceitos Mapas Conceituais: experiência em Educação a Distância. Revista Informática na Educação Teoria & Prática, v.4 n.2: PGIE/UFRGS, dez 2001.

AMORETTI, M.S.M.; TAROUÇO, L.M.R. Mapas Conceituais: Modelagem Colaborativa do Conhecimento. Porto Alegre, Informática na Educação: Teoria e Prática, v. 3 n.1, p.67-71, set 2000.

AZEVEDO, A. M. P.; FIN, C. A.; MATTOSDUTRA, A.; REMIÃO, J. O. R.; SIQUEIRA, A. J. S. Dynamic metabolic Diagrams for Teaching Biochemistry. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR- SBBQ, 2002**, Caxambú. Anais da XXXI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular- SBBq. 2002.

AZEVEDO, A. M. P.I; AMORETTI, M. S. M.; TIMM, M.I.; ZARO, M.A. Concept Maps as a Strategy to Assess Learning in Biochemistry. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOQUÍMICA E BIOLOGIA MOLECULAR- SBBQ, 2003**, Caxambú. Anais da XXXII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular- SBBq. p.128, 2003.

CAMPBELL, M.K. **Bioquímica**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul Ltda, 3a. Edição, 2000

SIQUEIRA, A.J.S.; REMIÃO, J.O.R., AZEVEDO, A.M.P. Dynamic Metabolic Diagrams in Biochemistry. Leeds, **Biochemical Education**, v.20 n 2, p. 97- 98, 1992.

MOREIRA, M.A.; BUCHWEITZ. B. **Mapas Conceituais, instrumentos didáticos de avaliação e análise de currículo**. São Paulo: Editora Moraes, 1ª. Edição, 1987, 83p.