



VANESSA JAQUELINE DA SILVA VIEIRA DOS SANTOS

**ESTUDO DA LITERACIA VISUAL CONTEXTUALIZADA NO CONTEÚDO DE  
METABOLISMO E ANÁLISE DA APRENDIZAGEM DE BIOQUÍMICA**

CAMPINAS  
2014  
i





UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
INSTITUTO DE BIOLOGIA



VANESSA JAQUELINE DA SILVA VIEIRA DOS SANTOS

**ESTUDO DA LITERACIA VISUAL CONTEXTUALIZADA NO CONTEÚDO DE  
METABOLISMO E ANÁLISE DA APRENDIZAGEM DE BIOQUÍMICA**

*Tese apresentada ao Instituto de  
Biologia da Universidade Estadual de  
Campinas como parte dos requisitos  
exigidos para a obtenção do título de  
Doutora em Biologia Funcional e  
Molecular na área de Bioquímica.*

Supervisor/Orientador: Prof. Dr. Eduardo Galembeck

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO  
FINAL DA TESE DEFENDIDA PELA ALUNA  
VANESSA JAQUELINE DA SILVA VIEIRA DOS  
SANTOS, E ORIENTADA PELO PROF. DR.  
EDUARDO GALEMBECK

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Eduardo Galembeck", written over a horizontal line.

CAMPINAS  
2014

Ficha catalográfica  
Universidade Estadual de Campinas  
Biblioteca do Instituto de Biologia  
Mara Janaina de Oliveira - CRB 8/6972

Sa59e Santos, Vanessa Jaqueline da Silva Vieira dos, 1977-  
Estudo da literacia visual contextualizada no conteúdo de metabolismo e análise da aprendizagem de bioquímica / Vanessa Jaqueline da Silva Vieira dos Santos. – Campinas, SP : [s.n.], 2014.

Orientador: Eduardo Galembeck.  
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia.

1. Literacia visual. 2. Metabolismo. 3. Intervenção pedagógica. 4. Aprendizagem. 5. Bioquímica. I. Galembeck, Eduardo, 1968-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

**Título em outro idioma:** Study of visual literacy contextualized in metabolism contents and analysis of the biochemistry learning process

**Palavras-chave em inglês:**

Visual literacy

Metabolism

Pedagogical intervention

Learning

Biochemistry

**Área de concentração:** Bioquímica

**Titulação:** Doutora em Biologia Funcional e Molecular

**Banca examinadora:**

Eduardo Galembeck [Orientador]

Bayardo Baptista Torres

Pedro Faria dos Santos Filho

Cláudio Chrysostomo Werneck

André Amaral Gonçalves Bianco

**Data de defesa:** 25-08-2014

**Programa de Pós-Graduação:** Biologia Funcional e Molecular

Campinas, 25 de agosto de 2014

BANCA EXAMINADORA

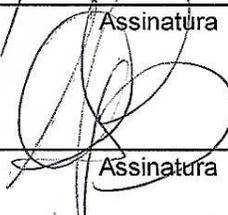
Prof. Dr. Eduardo Galembeck (Orientador)  
Depto. de Bioquímica, IB, UNICAMP

  
Assinatura

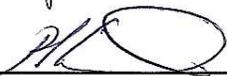
Prof. Dr. Bayardo Baptista Torres  
Depto. de Bioquímica, IQ, USP

  
Assinatura

Prof. Dr. André Amaral Gonçalves Bianco  
Depto. de Ciências Exatas e da Terra, UNIFESP

  
Assinatura

Prof. Dr. Pedro Faria dos Santos Filho  
Depto. de Química Inorgânica, IQ, UNICAMP

  
Assinatura

Prof. Dr. Cláudio Chrysostomo Werneck  
Depto. de Bioquímica, IB, UNICAMP

  
Assinatura

Prof. Dr. Paulo de Ávila Junior  
Centro de Ciências Naturais e Humanas, UFABC

Assinatura

Prof. Dr. Guilherme Andrade Marson  
Depto. de Química Fundamental, IQ, USP

Assinatura

Prof. Dr. José Camillo Novello  
Depto. de Bioquímica, IB, UNICAMP

Assinatura



## DEDICATÓRIA

*Ao meu avô, José Rosa dos Santos, patriarca da minha família, exemplo de generosidade, carinho, dedicação e força.*



## AGRADECIMENTOS

*Mais uma vez um ciclo de minha vida alcançou um ponto de culminância e, mais uma vez, me vejo às voltas com a tarefa árdua e doce de agradecer auxílios importantes no desenvolvimento de minhas empreitas. Árdua por serem muitos os agradecimentos que devo fazer. Doce por ser sempre uma dádiva ao coração saber que pudemos contar com pessoas especiais.*

*Sendo assim, e verdadeiramente assim, agradeço...*

*... À Deus e à espiritualidade amiga, pelo amparo, intuição e zelo. Pela força nas adversidades, pelas janelas abertas ao fechar-se as portas. Por nunca me ter faltado novos caminhos para trilhar*

*... Ao Prof. Dr. Fabio Vieira dos Santos, biólogo competente e meu marido zeloso. Pelas muitas horas, em muitos quilômetros, cruzando a fronteira entre Minas Gerais e São Paulo para que eu pudesse fazer o Doutorado. Pela frequente disposição em tirar minhas inúmeras dúvidas, trocar ideias e compartilhar conceitos. Pela paciência com o meu mau humor. Por respeitar o meu cansaço. Pela generosa disponibilidade em corrigir os textos que escrevi neste trabalho. Por ser meu alicerce. Por me fazer rir... Por fazer parte da minha vida*

*... À minha família, que sempre torce por mim, e que muitas vezes me acha mais inteligente do que eu realmente sou. Um agradecimento especial à Neuseti dos Santos Silva (minha mãe) e à Gracinda Vieira dos Santos (mãe do Fabio), que regaram meus esforços com orações*

*... Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Galembeck, pela troca de experiência e, principalmente, pela disponibilidade em assumir uma orientação a distância. Agradeço pela confiança depositada em mim*

*... Ao amigo Prof. Dr. Gustavo Henrique Ribeiro Viana, pela gentileza de me auxiliar com minhas dúvidas nas inúmeras vezes que precisei de ajuda, pelos textos compartilhados, pela disponibilidade em discutir conceitos, pelos pensamentos positivos*

*... Aos amigos pessoais, pela frequente torcida*

*... Aos amigos e colegas do Campus Centro-Oeste Dona Lindu, pelas aulas cedidas, pelas dúvidas discutidas, e por toda atenção e auxílio que me deram*

*... Ao Prof. Dr. Bayardo Baptista Torres, por ceder a tradução do Questionário de Conhecimento Bioquímico usada nesta pesquisa*

*... Aos colegas do Laboratório de Tecnologia Educacional, pela gentileza e suporte, principalmente à Juan Carlos Vega Garzón, pela inestimável contribuição estatística dada a esta pesquisa*

*... À Universidade Federal de São João Del Rei, por ter aceitado o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa*

*... Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Funcional e Molecular, pela oportunidade oferecida e, principalmente, pela atuação da secretaria. Meu agradecimento à Andréia Aparecida Vigilato e aos funcionários da Pós-Graduação*

*... Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Biologia Funcional e Molecular pela formação que me proporcionaram*

*... À banca do meu Exame de Qualificação, pela discussão e as sugestões que me proporcionaram terreno fértil para a estruturação do texto da Tese*

*... À banca da Defesa de Tese, por todas as sugestões e contribuições, proporcionando enriquecimento e amadurecimento do texto deste trabalho*

*... À todos aqueles que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para a execução desta pesquisa*

*... Aos inimigos. Pelas pedras roladas nos caminhos, que me permitiram saber quão alto eu sou capaz de saltar. Pelos embates que me fortaleceram e me ensinaram a não ter medo da luta, e que me mostraram que por mais difícil que a situação esteja, é sempre importante ter equilíbrio para encontrar as melhores estratégias*

*À todos, Muito Obrigada!*

*"Há três coisas que nunca voltam atrás: a flecha lançada, a palavra pronunciada e a oportunidade perdida."*

*(Provérbio Chinês)*



## RESUMO

A dificuldade de entendimento de muitos fenômenos bioquímicos está ligada, entre outros, à dificuldade de visualização dos mesmos, o que leva os interessados na área a lançarem mão de modelos visuais, principalmente no que se relaciona ao estudo do Metabolismo, representando um tema crítico de aprendizagem. O presente trabalho teve como proposta a aplicação de ferramentas de avaliação da aprendizagem para diagnosticar a Literacia Visual (LV) relacionada aos conteúdos de Vias Metabólicas e a aprendizagem de Bioquímica. A pesquisa foi realizada no Bacharelado em Bioquímica da Universidade Federal de São João Del-Rei, Divinópolis/MG. Na análise dos dados coletados visou-se estabelecer correlações entre o índice de acertos por questões e o nível/etapa de aprendizagem dos alunos no curso. Fez-se uma análise dos resultados frente à estrutura curricular, bem como procurou-se estabelecer parâmetros que justificassem possíveis padrões de erros nos itens dos Questionários aplicados. Os padrões de erros existentes foram importantes na identificação de problemas de aprendizagem, constituindo uma análise que deu suporte para uma intervenção pedagógica que teve como objetivo auxiliar a construção de um processo de Ensino e Aprendizagem simples que levasse a resultados positivos e efetivos. Os dados coletados indicaram um aumento de aprendizagem de LV e aprendizagem Bioquímica no decorrer do curso. A análise das questões forneceu informações relevantes quanto à postura dos alunos frente ao domínio de conteúdo visual indicando importantes correlações com a aprendizagem de cunho conceitual. Os dados indicaram uma necessidade de ajustes no processo didático-pedagógico, para que os problemas detectados possam ser trabalhados, pois a análise sugere que os alunos estão apresentando dificuldades em interpretar elementos visuais e conceituais sem que professores tenham consciência do fato. Também salienta-se a importância do ajuste didático-pedagógico quanto ao discurso de professores ao ensinarem conceitos específicos da área de Bioquímica, pois a postura e a linguagem docente quanto aos conceitos bioquímicos pode gerar obstáculos epistemológicos difíceis de serem corrigidos no processo de formação discente. Apesar dos resultados indicarem o uso acentuado de representações/simbologias Matemáticas e Químicas nas interpretações visuais discentes, verificou-se que o uso de representações diferenciadas para representar os processos químicos e bioquímicos pode ser facilmente detectado, indicando que os alunos não oferecem oposição ao uso de linguagens esquemáticas e pictóricas ao expressar seu conhecimento e, conseqüentemente, não oferecem oposição à aprendizagem de conteúdos usando essa linguagem, desde que as representações sejam devidamente contextualizadas. Índícios de que problemas de ordem lógico-matemática podem contribuir de forma negativa no processo de ensino e aprendizagem de LV também foram detectados. Esse dado tem implicações didático-pedagógicas de difícil solução, pois evidencia problemas educacionais com raízes mais profundas, ligadas ao ato pedagógico na Educação Básica. Avaliou-se que a intervenção pedagógica proposta teve resultados positivos. Verificou-se que os erros cometidos pelos alunos relacionaram-se a inabilidade de usar as representações de forma lógica, e não ao fato de que as representações eram inadequadas do ponto de sua simbologia. Os resultados da pesquisa sugerem que o Ensino de Bioquímica não será desenvolvido a bom termo sem o uso consciente e contextualizado da LV.

**Palavras-chave:** Literacia Visual, Metabolismo, Intervenção Pedagógica, Aprendizagem, Bioquímica.



## ABSTRACT

The difficulty on the understand of many biochemical phenomena are linked, among others, to the difficulty on the visualization of them. This has been leading people that have interest in this Area to use visual models, mainly on the study of the metabolism, that represent a critical theme on learning. This work presented as propose the application of learning evaluation tools to diagnose the Visual Literacy (VL) related to the contents of Metabolic Pathways and the learning of Biochemistry. The research was performed with students of the Biochemistry Undergraduate Course of Federal University of São João del Rei, Campus Centro-Oeste Dona Lindu, Divinópolis/MG. The aim in the data analysis was to stablish correlations between the number of correct answers per questions and the level of learning of the students evaluated. Results were analyzed considering information about the curricular structure and we attempt to establish parameters that justified possible patterns of errors on the items of the applied questionnaire. The patterns of errors existent were important on the identification of learning problems, constituting an analysis that supported a pedagogical intervention that aimed to help the construction of a simple Teaching and Learning Process that could to lead to effective and positive results. The collected results indicated an increase in the learning of VL and in the learning of Biochemistry along the Course. The analysis of the questions provided relevant information about the posture of the students front the content domain indicating important correlations with the conceptual learning. Data showed a need of adjustment in the didactic-pedagogical process so that the detected problems can be handled as well as the analysis suggest that the students are presenting difficulties in interpretation of visual and conceptual elements and the teachers seems not to have conscience about this. Besides, it is fundamental the didactic-pedagogical adjustment in the speech of the teachers when they teach specific biochemical concepts because the posture and the teacher language can generate epistemological obstacles hard to be corrected on the formation of the students. Despite the results indicate the accentuated use of Mathematical and Chemical representations/symbols in visual interpretation of the students it was verified that the use of differentiated representations to represent chemical and biochemical processes can be easily detected. This indicates that the learners did not have opposition to the use of schematic or pictorial languages to express its knowledge and, consequently, did not offer opposition to learn contents using these languages since the representations be contextualized. Indications that logic-mathematical problems can contribute negatively on teaching-learning process of VL also were identified. This information have didactic-pedagogical implications with difficult solution because indicate educational problems with deep origin linked to the pedagogical act in Basic Education. It was considered that the pedagogical intervention had positive results. The errors of the students it were related with its inability in the use of the representations in a logical form and not to the fact that the representations were inadequate considering the symbols used. Results obtained herein suggest that the Teaching of Biochemistry will not develop with success without the conscientious and contextualized use of VL.

**Keywords:** Visual Literacy, Metabolism, Pedagogical Intervention, Learning, Biochemistry.



## SUMÁRIO

<b>DEDICATÓRIA</b> .....	vii
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	ix
<b>EPÍGRAFE</b> .....	xi
<b>RESUMO</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xix
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xxiii
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	xxv
<b>I) INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>I.1) Educação em Bioquímica</b> .....	07
<b>I.2) O Ensino de Metabolismo</b> .....	09
<b>I.3) Literacia Visual</b> .....	25
<b>I.3.1) Literacia Visual e suas considerações Educacionais</b> .....	33
<b>I.3.2) Literacia Visual e o Ensino de Bioquímica</b> .....	36
<b>I.4) Questionários de Avaliação da Aprendizagem</b> .....	39
<b>I.5) Objetivos</b> .....	40
<b>II) PROCEDIMENTOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	42
<b>II.1) Aplicação do Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual</b> .....	42
<b>II.1.1) Análise Geral de Erros e Acertos para o Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual</b> .....	48
<b>II.1.2) Análise de Desempenho por Habilidade</b> .....	52
<b>II.1.2.1) Habilidade 1</b> .....	57
<b>II.1.2.1.1) Questão 1</b> .....	57
<b>II.1.2.1.2) Questão 2</b> .....	61
<b>II.1.2.2) Habilidade 2</b> .....	68
<b>II.1.2.2.1) Questão 3</b> .....	68

II.1.2.2.2) Questão 4.....	74
II.1.2.3) Habilidade 3.....	77
II.1.2.3.1) Questão 5.....	77
II.1.2.3.2) Questão 6.....	81
II.1.2.4) Habilidade 4.....	83
II.1.2.4.1) Questão 7.....	83
II.1.2.4.2) Questão 8.....	87
II.1.2.5) Habilidade 5.....	90
II.1.2.5.1) Questão 9.....	90
II.1.2.5.2) Questão 10.....	92
II.1.2.6) Habilidade 6.....	94
II.1.2.6.1) Questão 11.....	94
II.1.2.6.2) Questão 12.....	98
II.1.2.7) Considerações sobre a análise de desempenho no QLV.....	101
II.2) Aplicação do Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual após Intervenção Pedagógica.....	106
II.3) Aplicação do Questionário de Conhecimento Bioquímico.....	116
II.4) Comparação entre o Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual (QLV) e o Questionário de Conhecimento Bioquímico (QCB).....	134
III) CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	142
IV) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	149
ANEXO 1 – Modelo da versão de aplicação do QLV impressa.....	157
ANEXO 2 – QCB (Molecular Life Sciences Concept Inventory traduzido) .....	160
ANEXO 3 – Exercícios propostos na Atividade de Intervenção Pedagógica.....	176
ANEXO 4 – Autorização do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos / UFSJ.....	177
ANEXO 5 – Grade Curricular disponível no PPP do Bacharelado em Bioquímica/UFSJ/2010.....	178

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual (QLV). Q1 = Questão 1 e H1 = Habilidade 1, respectivamente.....	44
<b>Figura 2</b> – Diagrama das Etapas desenvolvidas nesta Pesquisa.....	46
<b>Figura 3</b> – (a) Porcentagem de acertos em função do número de acertos. (b) Distribuição percentual da média de acertos dos 8 períodos avaliados (P = período).....	49
<b>Figura 4</b> – Porcentagem de acertos em função do número de acertos. Os dados apresentados demonstram o desempenho dos alunos por período. O valor de n (n = número de alunos) em cada período é (a) 134, (b) 99, (c) 94, (d) 70, (e) 43, (f) 39, (g) 30, (h) 21.....	50
<b>Figura 5</b> – Distribuição de erros e acertos em relação à habilidade analisada. Os gráficos dispõem, de cima para baixo, a relação percentual de erros nas 2 questões de cada habilidade, a relação de acertos nas 2 questões, a relação de acertos somente na 2ª questão da habilidade analisada e a relação de acertos somente na 1ª questão da habilidade.....	54
<b>Figura 6</b> – Distribuição de acertos de cada questão em relação ao período do curso.....	55
<b>Figura 7</b> - Distribuição de porcentagem de acertos de cada período do curso em relação à questão do QLV.....	56
<b>Figura 8</b> – Opções prevalentemente marcadas na Questão 1.....	60
<b>Figura 9</b> – Gráfico das alternativas marcadas na Questão 1 (a) por período e (b) em relação a média geral.....	60
<b>Figura 10</b> – Esquemas reacionais encontrados em livros didáticos de Bioquímica disponíveis na Biblioteca da UFSJ-CCO. A linha tracejada em vermelho destaca representações semelhantes à encontrada na etapa 5 da <b>Questão 2</b> . (a) Livro <i>Bioquímica</i> (BERG, TYMOCZKO, STRYER, 2010, 440); (b) Livro <i>Bioquímica Básica</i> (MARZZOCO, TORRES, 2007, 119), (c) Livro <i>Bioquímica</i> (CAMPBELL, FARRELL, 2008, 614); (d) Livro <i>Fundamentos de Bioquímica</i> (VOET, VOET, PRATT, 2008, 463); (e) e (f) Livro <i>Princípios de Bioquímica</i> de Lehninger (NELSON, COX, 2011, 535 e 781)..	63
<b>Figura 11</b> – Reação como foco de análise na <b>Questão 2</b> .....	67
<b>Figura 12</b> - Gráfico das alternativas marcadas na <b>Questão 2</b> (a) por período e (b) em relação a média geral.....	67
<b>Figura 13</b> – Exemplo de esquema reacional mostrando a participação dos cofatores (NAD <sup>+</sup> e NADH) (BERG, TYMOCZKO, STRYER, 2010, p. 451).....	71
<b>Figura 14</b> – Reações para análise na <b>Questão 3</b> .....	73
<b>Figura 15</b> - Gráfico das alternativas marcadas na Questão 3 (a) por período e (b) em relação à média geral. A marcação tracejada destaca a alternativa efetivamente correta.....	74

<b>Figura 16</b> – Esquema reacional usado na <b>Questão 4</b> .....	76
<b>Figura 17</b> – Gráfico das alternativas marcadas na <b>Questão 4</b> (a) por período e (b) em relação a média geral.....	77
<b>Figura 18</b> – Esquemas reacionais usados na <b>Questão 5</b> .....	80
<b>Figura 19</b> – Gráfico das alternativas marcadas na <b>Questão 5</b> (a) por período e (b) em relação a média geral.....	80
<b>Figura 20</b> – Reações analisadas na <b>Questão 6</b> .....	82
<b>Figura 21</b> - Gráfico das alternativas marcadas na <b>Questão 6</b> (a) por período e (b) em relação a média geral.....	82
<b>Figura 22</b> – Esquema para análise e interpretação da <b>Questão 7</b> .....	86
<b>Figura 23</b> – Gráfico das alternativas marcadas na <b>Questão 7</b> (a) por período e (b) em relação a média geral.....	86
<b>Figura 24</b> – Esquema cíclico analisado na <b>Questão 8</b> .....	89
<b>Figura 25</b> - Gráfico das alternativas marcadas na <b>Questão 8</b> (a) por período e (b) em relação a média geral.....	89
<b>Figura 26</b> – Esquema usado na <b>Questão 9</b> .....	91
<b>Figura 27</b> – Gráfico das alternativas marcadas na <b>Questão 9</b> (a) por período e (b) em relação a média geral.....	92
<b>Figura 28</b> – Esquema cíclico hipotético apresentado na <b>Questão 10</b> .....	93
<b>Figura 29</b> – Gráfico das alternativas marcadas na <b>Questão 10</b> (a) por período e (b) em relação a média geral.....	94
<b>Figura 30</b> – Esquema de uma via de sinalização celular usado na <b>Questão 11</b> .....	97
<b>Figura 31</b> – Gráfico das alternativas marcadas na <b>Questão 11</b> (a) por período e (b) em relação a média geral.....	97
<b>Figura 32</b> – Esquema de via metabólica hipotética apresentado na <b>Questão 12</b> .....	100
<b>Figura 33</b> – Gráfico das alternativas marcadas na <b>Questão 12</b> (a) por período e (b) em relação a média geral.....	100
<b>Figura 34</b> – Imagens com diferentes representações visuais do processo de reversibilidade de uma reação química em contextos bioquímicos. (a) Imagem encontrada em MURRAY e colaboradores, 2007, 145 (OLIVEIRA, 2010, 37); (b) Imagem encontrada em LEHNINGER e colaboradores, 1995, 299 (OLIVEIRA, 2010, 37); (c) Imagem encontrada em CAMPBELL e FARRELL, 2008, 573 (OLIVEIRA, 2010, 38); (d) Imagem adaptada da <b>Questão 2</b> do QLV.....	106

<b>Figura 35</b> – Resolução dos exercícios de reversibilidade propostos aos alunos do 1º Período. (a) Exercícios resolvidos por A1 (A1 = aluno(a) 1); (b) Exercícios resolvidos por A2; (c) Exercícios resolvidos por A3; (d) Exercícios resolvidos por A4.....	108
<b>Figura 36</b> – Porcentagem de testes aplicados em função do número de acertos para os alunos que passaram pela intervenção pedagógica. Número de alunos = 58.....	112
<b>Figura 37</b> – Distribuição de erros e acertos em relação à habilidade. Os gráficos dispõem, de cima para baixo, a relação percentual de erros nas 2 questões de cada habilidade, a relação de acertos nas 2 questões, a relação de acertos somente na 2ª questão da habilidade analisada e a relação de acertos somente na 1ª questão da habilidade.....	113
<b>Figura 38</b> – Distribuição de acertos de cada questão para o 2º período do curso, antes e após a intervenção pedagógica.....	113
<b>Figura 39</b> – (a) Dados de Acertos Gerais no Questionário de Conhecimento Bioquímico do 1P, 3P, 5P e do 8P. (b) Distribuição percentual da média de acertos dos 4 períodos avaliados (P = período). O valor de n (n = número de alunos) em cada período analisado é $n_{1P} = 42$ , $n_{3P} = 50$ , $n_{5P} = 25$ e $n_{8P} = 34$ .....	117
<b>Figura 40</b> – Porcentagem de Faixas de Acertos em função da porcentagem de alunos que responderam o QCB. Os dados apresentados demonstram o desempenho dos alunos por período.....	118
<b>Figura 41</b> – Porcentagem média de acertos por módulo em cada período analisado.....	120
<b>Figura 42</b> – Porcentagens de acertos (a) gerais por períodos e (b) por faixas de acertos em cada período, para o Módulo 1.....	122
<b>Figura 43</b> – Porcentagens de acertos (a) gerais por períodos e (b) por faixas de acertos em cada período, para o Módulo 2.....	124
<b>Figura 44</b> – Porcentagens de acertos (a) gerais por períodos e (b) por faixas de acertos em cada período, para o Módulo 3.....	126
<b>Figura 45</b> – Porcentagens de acertos (a) gerais por períodos e (b) por faixas de acertos em cada período, para o Módulo 4.....	128
<b>Figura 46</b> – Porcentagens de acertos (a) gerais por períodos e (b) por faixas de acertos em cada período, para o Módulo 5.....	130
<b>Figura 47</b> – Porcentagens de acertos (a) gerais por períodos e (b) por faixas de acertos em cada período, para o Módulo 6.....	132
<b>Figura 48</b> – Comparação da Porcentagem da Média de Acertos dos Alunos nos períodos analisados, para os dois Questionários (QLV e QCB).....	134



## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Habilidades visuais para a compreensão de Vias Metabólicas (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013).....	43
<b>Quadro 2</b> – Disciplinas disponíveis no Projeto Político Pedagógico do Curso do Bacharelado em Bioquímica da Universidade Federal de São João Del Rei e seus respectivos períodos letivos.....	47
<b>Quadro 3</b> – Nível de dificuldade apresentado por cada questão de acordo com especialistas e com a aplicação de validação (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013).....	52
<b>Quadro 4</b> – Nível de dificuldade apresentado por cada questão de acordo com a opinião dos professores que ministram conteúdos bioquímicos ou afins, convidados a participar desta pesquisa.....	53
<b>Quadro 5</b> – Porcentagem de médias de acertos gerais do QLV em quatro (4) Períodos consecutivos do curso, referente a levantamento de dados de dois (2) semestres letivos consecutivos.....	138



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BAMBED	Biochemistry and Molecular Biology Education
BFM	Biologia Funcional e Molecular
CCO	<i>Campus</i> Centro-Oeste Dona Lindu
EF	Ensino Fundamental
EM	Ensino Médio
IUBMB	International Union of Biochemistry and Molecular Biology
LV	Literacia Visual
NTIC's	Novas Tecnologias de Informação e Comunicação
QCB	Questionário de Conhecimento Bioquímico
QLV	Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual
RE	Representação Externa
REs	Representações Externas
SBBq	Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFSJ	Universidade Federal de São João Del Rei



## I) INTRODUÇÃO

O processo de Ensino e Aprendizagem em Bioquímica tem se constituído o objeto de interesse de várias pesquisas na atualidade. Dentre os estudos desenvolvidos, o enfoque nas Representações Externas (REs) destaca-se como uma vertente de extrema importância para a aprendizagem de Bioquímica, uma vez que o uso de elementos ligados à Literacia Visual (LV) (imagens, diagramas, símbolos, animações, entre outros) é relevante no que diz respeito à compreensão e ao domínio de conteúdos, tanto no processo de Ensino e Aprendizagem, quanto na Pesquisa (BENSON, 1997; KLEINMAN, DWYER, 1999; STOKES, 2002; SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006).

A Literacia Visual (LV) é um conceito que pode ser definido, em um primeiro momento, como a habilidade de compreender e de usar elementos visuais, incluindo-se a habilidade de pensar, aprender e se expressar por meio dos mesmos (BRADEN, HORTIN, 1982; BARRY, 1997; GRUSZYNSKI, CASTEDO, 2008).

Enquanto as representações internas são arquétipos da mente (tais como os modelos mentais), as REs retratam os fenômenos no mundo material, externando constructos mentais e auxiliando a construção e a reconstrução de modelos mentais, bem como a visualização e a compreensão de processos bioquímicos de difícil entendimento (SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006; AVEGERINO, ERICSON, 1997).

A dificuldade de entendimento de muitos fenômenos bioquímicos está ligada, entre outros, à dificuldade de visualização dos mesmos (níveis microscópicos e submicroscópicos), o que leva os interessados na área a lançarem mão de modelos teóricos que se aproximem dos processos reais. A construção de tais modelos teóricos

faz uso intenso da abstração e do raciocínio lógico, o que parece dificultar a compreensão por parte dos sujeitos que se encontram no início do processo de Ensino e Aprendizagem de Bioquímica (SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006; MOREIRA, 2001).

Assim, acredita-se que as REs podem contribuir de forma significativa na aprendizagem dos fenômenos bioquímicos, uma vez que esses geralmente são apresentados através de modelos capazes de comunicar e representar conceitos científicos abstratos (RUSSELL et al, 1997).

Para facilitar a visualização de fenômenos os especialistas em Bioquímica empregam uma linguagem visual na forma de múltiplas representações visuais, com símbolos que se diferem em estética (cor, forma, aparência, tamanho) e no nível de abstração. Ao contrário do que ocorre com outras ciências como a Matemática, a Física e a Química, que empregam símbolos estabelecidos de forma padronizada para representar os fenômenos, a Bioquímica utiliza símbolos variados para representar o mesmo fenômeno (SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006).

Assim, mesmo sendo úteis e eficazes, os modelos visuais podem gerar problemas de aprendizagem, especialmente se não forem satisfatoriamente construídos, bem como devidamente interpretados pelos estudantes (WILLIAMS, DWYER, 1999). Salienta-se que as dificuldades de interpretação de modelos podem estar relacionadas com mecanismos cognitivos (tais como o processamento de informações) que os estudantes utilizam para perceber e interpretar modelos, podendo também estar relacionadas com a compreensão conceitual do estudante em relação ao conhecimento representado pelo modelo (MICHAEL, 2002).

No que diz respeito ao processamento das informações apresentadas através de REs no Ensino de Ciências, a falta de Literacia Visual é uma das principais dificuldades

enfrentadas pelos alunos (SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006). Os estudantes muitas vezes não conseguem interpretar as REs de maneira que lhes proporcionará boa compreensão do conceito e, tanto a capacidade de processar representações externas, quanto a compreensão conceitual, ficam comprometidas (WILLIAMS, DWYER, 1999). Estudos apontam que os estudantes que utilizam com frequência as REs (como símbolos, diagramas e imagens) para compreender ideias, ao invés de se guiarem por textos, demonstram um desenvolvimento mais significativo de modelos mentais (MAYER, 2001).

Assim, de acordo com a literatura, a preocupação com relação à Literacia Visual em Educação Bioquímica é de extrema importância, desdobrando-se em pesquisas da área educacional com diferentes abordagens, e que propõe, dentre outros, a construção de proposta com várias medidas para auxiliar os alunos na aquisição de habilidades visuais, a qual abordaremos mais adiante (SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006).

Ainda de acordo com a literatura pesquisada, pode-se dizer que a Literacia Visual se traduz na noção de que se os estudantes possuem habilidades visuais e, se estas habilidades forem desenvolvidas, os indivíduos serão capazes de interpretar REs com êxito, levando-se em consideração que a escolha do tipo de modelo visual também poderá influenciar na capacidade dos estudantes visualizarem os fenômenos apresentados (MICHAEL, 2002; SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006; STOKES, 2002).

Os conteúdos bioquímicos desafiam a compreensão dos estudantes, sendo que do ponto de vista da pesquisa aqui apresentada, o estudo do Metabolismo ocupa um lugar significativo, representando um tema crítico de aprendizagem (NICHOLSON, 1997; NICHOLSON, 2005).

Dentre as pesquisas desenvolvidas para diagnosticar a compreensão dos alunos sobre os conteúdos de Vias Metabólicas, destaca-se da literatura a aplicação de um software que permite ao usuário aprender, estudar e revisar conteúdos referentes ao Metabolismo energético do Ciclo do Ácido Cítrico (AZEVEDO et al., 2004).

Além disso, a compreensão dos estudantes no que se refere às Vias Metabólicas também vem sendo estudada, de modo que os pesquisadores envolvidos sugeriram uma abordagem alternativa de ensino do Metabolismo de carboidratos, baseada na resolução de problemas (ANDERSON, GRAYSON, 1994).

Como o Metabolismo é um tema importante e instigante, o presente trabalho teve como proposta a aplicação de uma ferramenta de avaliação da aprendizagem para analisar a Literacia Visual de estudantes de graduação sobre os conteúdos de Vias Metabólicas, pois a construção e a aplicação de instrumentos de avaliação de aprendizagem tem se mostrado um campo promissor na área de Educação em Ciências (HESTENES et al, 1992; WRIGHT, HAMILTON, 2008; HOWITT et al, 2008).

Na atualidade, pesquisadores da área de Ensino de Ciências têm direcionado múltiplos esforços para a compreensão da importância do uso de linguagens visuais nos processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências.

Os elementos visuais são objetos essenciais no processo de Ensino e Aprendizagem de Bioquímica, pois, sendo essa uma ciência profundamente abstrata, situada em um *locus* interdisciplinar entre a Biologia e a Química, faz-se mister o uso intensivo e extensivo de elementos visuais para seu aprendizado, seja através de símbolos, imagens, diagramas, modelos ou animações.

O uso de elementos visuais é, de forma indiscutível, uma forma amplamente difundida no ato de comunicar a Ciência. Além disso, encontram-se na literatura dados

que corroboram a ideia de que a imagem está na origem da escrita, o que aumenta a dificuldade de tentar-se ignorar a importância das representações visuais no processo de construção do conhecimento (BARRY, 1997; GRUSZYNSKI, CASTEDO, 2008).

Estudos sobre cultura visual demonstram a importância da imagem no processo de comunicação, deixando claro que a significação da imagem se dá em um contexto culturalmente negociado, seja na sociedade científica ou na sociedade em geral (BARRY, 1997; GRUSZYNSKI, CASTEDO, 2008).

O ato de criar elementos visuais para veicular informação é um potencial que se desenvolve em todos os campos científicos, principalmente quando associado ao uso das Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (NTIC's) (STOKES, 2002).

Embora não seja objeto desta pesquisa, salienta-se que a associação entre Literacia Visual e NTIC's tem se apresentado na área de Educação com o *status* de um novo paradigma educacional, que exigirá dos profissionais da área a necessidade de construir novas posturas, sendo que a busca pelas mesmas exigirá a reflexão sobre as experiências educacionais vividas e uma consequente avaliação dessas (STOKES, 2002; KELLNER, 1998).

Assim, neste contexto de inovações tecnológicas, dominações ideológicas, e novas fronteiras paradigmáticas, o sistema de ensino se deparará com a necessidade de posicionar-se frente à realidade social. Posicionamento este que exigirá o repensar de posturas conservadoras e profundamente marcadas pela secularidade das estruturas formais de ensino (ANDRADE, [s.d.]; KELLNER, 1998), as quais, aos poucos, fizeram da Escola uma instituição repleta de paradoxos educacionais, podendo apresentar-se de forma relativamente passiva quanto à conduta discente, exageradamente permissiva quanto a modismos educacionais, muitas vezes incapaz

de utilizar adequadamente os instrumentos instrucionais (Bibliotecas, Televisão, Laboratórios, Computadores, Internet, entre outros) que, quando disponíveis, já poderiam ter sido incorporados à *práxis* Escolar de forma mais efetiva e consciente.

Nesta mesma perspectiva de inovação educacional, profissionais da área de educação têm buscado parâmetros de ensino que possam garantir uma aprendizagem significativa aprimorada (MOREIRA, 1997; TAVARES, LUNA, 2007), e que prima pela construção do conhecimento, principalmente no que se refere ao Ensino de Ciências.

## **I.1) Educação em Bioquímica**

As preocupações sobre as questões relacionadas ao Ensino de Bioquímica tem se delineado de forma mais efetiva desde a década de 1970. A edição, em 1972, do primeiro volume da revista então denominada Biochemical Education, publicada pela International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB) – fundada em 1955 – pode ser considerada um marco das ações que caracterizaram esta área específica do Ensino de Ciências fora do Brasil. Renomeada em julho de 2000 como Biochemistry and Molecular Biology Education (BAMBED), a revista continua dando sua contribuição ao congregar trabalhos e delinear um quadro quanto a análise do estado da arte.

De acordo com LOGUERCIO e colaboradores (2003, 2007), a partir da década de 1980 houve uma proliferação dos trabalhos voltados para a área de Educação Bioquímica no Brasil. Segundo os autores foi em 1979 que a Educação Bioquímica começou a marcar presença nos encontros anuais da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular – SBBq e, apesar dos trabalhos em Educação terem aparecido de forma efetiva nos encontros da SBBq ocorridos a partir da década de 1990, os grupos de pesquisa na área se organizaram essencialmente nos anos 80 (<sup>a</sup>LOGUERCIO et al., 2003; LOGUERCIO et al., 2007). Salienta-se que os dois trabalhos apresentados na SBBq em 1990 narravam, por sua vez, experiências de Educação em Bioquímica ocorridas em Portugal e na Inglaterra. Além disso, foi somente em 1992 que o espaço para apresentação de pesquisas na área de Educação em Bioquímica foi criado (<sup>b</sup>LOGUERCIO et al., 2003).

Grupos de pesquisa da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) ocuparam um lugar de destaque

no desenvolvimento de pesquisas voltadas para a busca de alternativas educacionais na Educação Bioquímica, abrindo caminho e conquistando respeitabilidade para a área incipiente (LOGUERCIO et al., 2007).

Um levantamento de dados sobre os temas de Educação Bioquímica apresentados nos trabalhos da SBBq entre 1990 e 2005 demonstrou que as “Metodologias de Ensino de Bioquímica” e as “Técnicas, experimentos e modelos de avaliação para diferentes objetos de ensino” foram os objetos de maior enfoque de pesquisa (LOGUERCIO et al., 2007, 151).

A preocupação quanto ao desenvolvimento e aplicação de novos instrumentos e metodologias educacionais tem marcado profundamente a área de Ensino de Bioquímica (LOGUERCIO et al., 2007; GALEMBECK, et al., 2003; YOKAICHIYA et al., 2000; YOKAICHIYA et al., 2004; YOKAICHIYA, GALEMBECK, TORRES, 2004; SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006).

Enquanto área interdisciplinar, a Bioquímica é constituída por conhecimentos da área de Química e de Biologia, e é apontada na literatura como um nicho temático de abordagens sociais promissoras (FRANCISCO JUNIOR, 2007; CORREIA, et al., 2004).

Por ser uma área da Ciência que trabalha com uma quantidade substancial de informações que exigem abstrações e o conhecimento de conceitos biológicos e químicos, a aprendizagem de conteúdos de Bioquímica constitui um desafio para professores e alunos envolvidos no processo de Ensino e Aprendizagem (YOKAICHIYA et al, 2000; MACHADO, et al., 2004).

Na busca por instrumentos didático-pedagógicos promissores, pesquisadores da área de Educação em Ciências e em Bioquímica têm investido esforços no desenvolvimento de animações e softwares educacionais que possibilitem uma melhor

“visualização” dos processos bioquímicos, facilitando a compreensão e a aprendizagem dos mesmos (YOKAICHIYA et al., 2000; YOKAICHIYA, et al., 2004; GALEMBECK et al., 2003; MACHADO, et al., 2004).

O dinamismo das animações, aliado à interatividade dos softwares, pode favorecer o entendimento sobre as reações e as interações que ocorrem a nível molecular (YOKAICHIYA, et al., 2004), constituindo um material didático-pedagógico rico e com alta aceitação pelos discentes.

## **I.2) O Ensino de Metabolismo**

Ao buscar-se informações sobre a relevância e os desdobramentos do Ensino das Vias Metabólicas, faz-se necessário destacar o nome e o trabalho de Donald E. Nicholson (1916 - 2012).

Segundo a literatura, o trabalho desenvolvido por NICHOLSON tem incontestável importância para o Ensino de Bioquímica, pois durante 57 anos Nicholson desenvolveu gráficos sobre Vias Metabólicas que se consagraram nas Escolas e Universidades, passando a fazer parte dos livros didáticos de Bioquímica (NICHOLSON, 1972; VOET, VOET, 2012).

Fruto de um trabalho iniciado em 1955, período em que cerca de somente 20 vias eram conhecidas, as atividades de NICHOLSON se ampliaram e passaram a fazer uso do desenvolvimento das Novas Tecnologias de Comunicação e Informação, resultando em um material animado que oferece uma rica opção para o processo de Ensino e Aprendizagem de Bioquímica. Curiosamente NICHOLSON não possuiu computador pessoal até 1996, criando seus mapas através de recorte e colagem de papel (NICHOLSON, 2005; VOET, VOET, 2012).

Ao refletir sobre sua própria história, NICHOLSON explana que seu interesse pelas questões relacionadas ao Metabolismo teve início em 1940, e foi motivado pelo filme “The Magic Bullet”, de Paul Ehrlich, cuja narrativa envolvia a Bioquímica, mais especificamente, uma proposta de substância que pudesse atuar de forma seletiva nos organismos vivos (NICHOLSON, 2005).

Quando NICHOLSON começou a ensinar o Metabolismo bacteriano em 1946, a descrição da transmissão sexual do material genético em bactérias era recente, e a primeira Via Metabólica, a glicólise, tinha sido concluída apenas alguns anos antes, estimulando uma explosão de pesquisas sobre várias vias (NICHOLSON, 2005).

Foi nesse contexto que NICHOLSON começou a refletir sobre o fato de que a boa memória era muitas vezes interpretada como bom domínio de conteúdo, e que era possível falar, sem real conhecimento, sobre qualquer assunto, desde que o indivíduo não tivesse que responder perguntas sobre o mesmo. Além disso, NICHOLSON refletiu que a qualidade do ensino era raramente avaliada, e que as reestruturações do processo de Ensino e Aprendizagem teriam que passar pela reflexão dos seus significados educacionais (NICHOLSON, 2005).

Com o passar dos anos outras vias foram elucidadas. Mesmo com o alto grau de complexidade de cada via os alunos aprendiam muito sobre cada caminho individual, memorizando nomes, fórmulas e equações, mas, para que as mesmas fizessem sentido bioquimicamente, trazendo significado para o ensino do Metabolismo, era necessário buscar a construção de um mapa integrado, que mostrasse as inter-relações metabólicas e facilitasse a compreensão. Assim, NICHOLSON começou a pensar com interesse na proposta pedagógica dos quebra-cabeças, de forma a construir um material que complementasse as informações dos livros didáticos e incentivasse a

apreciação do significado e da elegância das inter-relações metabólicas (NICHOLSON, 1972; NICHOLSON, 2001; NICHOLSON, 2005).

Em 1965 um mapa das Vias Metabólicas foi confeccionado. Esse mapa foi feito a mão, usando-se estêncil e papel vegetal, e foi disponibilizado a partir de blueprinted<sup>1</sup> pelo Departamento de Arquitetura da Leeds University Medical School em pouca quantidade. A boa aceitação do material levou NICHOLSON a desenvolver mais três versões sucessivamente atualizadas, mas um problema relacionado à necessidade de uma maior diferenciação dos diferentes aspectos do Metabolismo levou-o a pensar na importância de melhorar-se a visualização do mapa a partir da inserção de diferentes cores (NICHOLSON, 1997; NICHOLSON, 2005)

A tentativa de aproximação de NICHOLSON com várias editoras e fabricantes de materiais bioquímicos foi frustrante, sendo que somente a Koch-Light Laboratories se posicionou de forma encorajadora com relação ao projeto (NICHOLSON, 2005).

Assim, a partir de meados das décadas de 1960 e 1970, o trabalho de NICHOLSON se popularizou e, com a grande produção de pesquisas sobre Vias Metabólicas, novas edições anuais do mapa das vias passou a ser proposta, constituindo um trabalho intenso e prolongado que NICHOLSON comparou, de forma humorada, a uma gestação (NICHOLSON, 1972; NICHOLSON, 1997; NICHOLSON, 2005).

Os mapas de NICHOLSON passaram a ser publicados por Sigma em 1990 e, segundo o autor, a abordagem dada a partir de então para a publicação foi uma

---

<sup>1</sup> O blueprint é uma técnica tradicional utilizada em desenho técnico para projetos de arquitetura, engenharia ou design. Usualmente se constitui de linhas brancas em um fundo azul. Um modelo mais recente utiliza linhas azuis em um fundo branco. O desenho é obtido a partir de reações químicas de sais específicos em contato com a luz.

revelação. Para NICHOLSON, os assistentes gráficos da Empresa SIGMA não só criaram imagens atraentes e úteis, mas sim, um verdadeiro trabalho de arte (NICHOLSON, 1997; NICHOLSON, 2001; NICHOLSON, 2005).

Na sua experiência como professor da Escola de Medicina, NICHOLSON identificou um status de “irrelevância” atribuído aos conteúdos bioquímicos na formação médica, além de detectar uma fobia em relação aos Mapas das Vias Metabólicas, estando essa relacionada ao medo que os estudantes tinham de ter que memorizar as informações contidas nos mapas (NICHOLSON, 2005).

Assim, NICHOLSON passou a pensar em um argumento que pudesse deixar claro para os estudantes de Medicina a importância da Bioquímica e do estudo das Vias Metabólicas em sua formação, articulando ideias nos seguintes termos:

As Vias Metabólicas foram impulsionadas por enzimas mais ou menos específicas, que por sua vez foram determinadas pela nossa composição genética. Se um gene fosse defeituoso, isto iria resultar em uma enzima defeituosa que poderia conduzir a uma acumulação do seu substrato, normalmente no sangue ou na urina. As Vias Metabólicas poderiam ilustrar isto apontando enzimas defeituosas e vinculando-as às conhecidas doenças de deficiências metabólicas. Os mapas de Erros Inatos do Metabolismo foram, assim, criados para incentivar os estudantes de medicina a perceber que a compreensão da bioquímica (e genética) poderia ser um trunfo importante na sua compreensão da medicina clínica (NICHOLSON, 2005, 157).

Em meados da década de 1990, NICHOLSON transferiu os direitos autorais de seus Mapas de Vias Metabólicas para a International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB), que passou a disponibilizar os Mapas gratuitamente (NICHOLSON, 2005; VOET, VOET, 2012).

Com a compra de um computador para comemorar seus 80 anos de vida, Nicholson desenvolveu um projeto para a construção de Minimapas. Os minimapas enfatizariam vias individuais ampliando-as, assim, poder-se-ia incluir outros fatores

metabólicos que não são mostrados em mapas maiores. O projeto foi aprovado pela IUBMB, e os minimapas produzidos encontram-se disponíveis em [www.iubmb.org](http://www.iubmb.org) (NICHOLSON, 2001; NICHOLSON, 2005).

Mesmo com toda sua contribuição para o estudo das Vias Metabólicas, NICHOLSON ainda se sentia frustrado com a natureza estática dos Mapas, pois os materiais 2D não traduziam o movimento intrínseco dos fenômenos bioquímicos. Assim, com o auxílio de softwares, os Mapas de NICHOLSON passaram a ter versões animadas, inaugurando uma nova fase de atividades, e deixando para as futuras gerações o compromisso do contínuo desenvolvimento do seu trabalho (NICHOLSON, 2005; VOET, VOET, 2012).

Para NICHOLSON, o esforço para tornar o estudo da Bioquímica algo atraente é extremamente importante, e foi com esse intuito que os minimapas e os animapas foram criados. A criação dos Mapas, principalmente as versões animadas, foi um esforço para estimular uma ampla compreensão do Metabolismo, numa tentativa de tentar romper com a ideia de que o estudo da Bioquímica é chato, e aspirando fazer do Metabolismo algo significativo, maravilhoso e divertido (NICHOLSON, 2001; NICHOLSON, 2005).

A preocupação sobre o fato de que as Vias Metabólicas deveriam ser ilustradas com clareza, precisão e simplicidade, principalmente nos livros didáticos, marcou o discurso de NICHOLSON. Segundo ele, com o aumento substancial do volume do conhecimento bioquímico, o ato de selecionar, apresentar e compreender este conhecimento se tornou cada vez mais difícil (NICHOLSON, 1997).

## Para Nicholson

Livros muitas vezes evoluem de seus precursores e, portanto, apresentam deficiências hereditárias praticamente de modo que algumas insuficiências de apresentação são perpetuadas para a confusão de sucessivas gerações de estudantes. Livros didáticos podem ainda sofrer de erros inatos do Metabolismo! (NICHOLSON, 1997, 62)

A preocupação sobre o Ensino do Metabolismo também pode ser verificada ao analisarmos o enfoque das pesquisas direcionadas ao Ensino de Bioquímica.

A reflexão sobre o Ensino do Metabolismo foi objeto de discussão de EPP (1985). O autor defendeu a ideia de que as Vias Metabólicas devem ser ensinadas dando-se ênfase nos princípios e conceitos gerais (EPP, 1985).

Segundo EPP, “não é necessário, desejável ou mesmo possível” (1985, 73) ensinar todas as vias do Metabolismo, cabendo aos professores delimitar o conteúdo a ser ensinado de acordo com o tipo de curso, seu nível e sua profundidade. Assim, seria importante abordar uma quantidade menor de conteúdos, com maior profundidade (EPP, 1985).

EPP também fez uma proposição de estratégia para o Ensino do Metabolismo. Segundo ele, a proposta consistiria em um método geral que seria aplicável a quase todas as vias, numa perspectiva de abordagem sequencial em que a via estudada é analisada em níveis de sofisticação crescente.

Segundo EPP, o primeiro passo seria determinar o objetivo do percurso antes de tentar compreender como o objetivo seria cumprido. Tentar entender o objetivo da Via Metabólica seria primordial, sendo que a finalidade da via normalmente pode ser deduzida pela sua equação global (EPP, 1985).

O segundo passo seria a identificação das grandes etapas das vias. Para EPP uma determinada Via Metabólica pode ser dividida em duas ou mais fases, sendo que

as diferentes fases muitas vezes refletem a estratégia global da via. Identificar o objetivo particular de cada fase seria importante para a compreensão geral (EPP, 1985).

O terceiro passo seria a definição do caminho percorrido pelas cadeias carbônicas, introduzindo mais detalhes, como por exemplo, a explicação de que os intermediários da via são representados pelo número de átomos de carbono que os constituem (EPP, 1985).

O quarto passo estaria relacionado ao entendimento da movimentação de energia nas Vias Metabólicas. EPP apresenta a ideia nos seguintes termos:

(...) Uma finalidade principal das vias catabólicas é a de proporcionar a energia requerida pelas vias anabólicas para o trabalho de biossíntese. Assim, é importante analisar as vias em termos de suas entradas e saídas de energia. Energia liberada pelas vias catabólicas é normalmente conservada nas ligações fosfoanidrido de ATP. Energia requerida pelas vias anabólicas é muitas vezes investida como uma transferência de fosfato a partir de ATP a uma molécula receptora, formando um éster fosfato ativado. Assim, as entradas e saídas de energia podem ser frequentemente descritas como a via de fosfato. Reações de oxidação/redução são importantes também no perfil de energia de uma via, uma vez que o alto potencial da energia dos elétrons pode ser prontamente convertido em ATP através da fosforilação oxidativa. A via de equivalentes redutores pode geralmente ser descrita como o envolvimento de transportadores de elétrons, tais como NADH e FADH<sub>2</sub> (EPP, 1985, 74).

O quinto passo relacionar-se-ia às características especiais da via estudada, salientando-se o fato de que algumas reações de uma Via Metabólica apresentam interesse especial, e devem ser destacadas para os estudantes (EPP, 1985).

O sexto passo trataria do controle da Via Metabólica. EPP salienta a importância dos alunos perceberem que todas as Vias Metabólicas não estão ativas ao mesmo tempo, pois, em uma via particular, o fluxo de material geralmente é regulado por modulação das atividades das enzimas em pontos-chave do controle. Devem-se

identificar, junto aos estudantes, os pontos de controle de cada via de interesse, de modo a verificar a estratégia do mecanismo para controlar a via. EPP ainda ressalta que o ponto de controle principal de uma via geralmente é a primeira reação irreversível, e que se deve deixar claro para os estudantes as implicações fisiológicas dos mecanismos de controle (EPP, 1985).

O sétimo e último passo relacionar-se-ia aos detalhes do percurso da via, pois

Para uma compreensão completa de uma via, em especial a sua relação com o resto do Metabolismo, é necessário conhecer as estruturas de todos os compostos intermediários, as características de todas as reações, e as propriedades de todas as enzimas. É mais fácil de memorizar esses detalhes se procedeu sequencialmente através dos níveis anteriores de descrição, e adquiriu um quadro em que os detalhes possam ser montados (EPP, 1985, 75).

EPP cita como exemplo do último passo o fato de que os intermediários das vias são frequentemente derivados de um pequeno número de “compostos-mãe”, e que os substratos e os produtos de cada reação são derivados, apresentando alguma relação estrutural entre si. Assim, esse entendimento pode facilitar a compreensão dos processos (EPP, 1985).

BROSEMER (1989) propôs reflexões interessantes sobre a abordagem do conteúdo metabólico em disciplinas introdutórias de Bioquímica.

Segundo o autor, haveria uma tendência entre os estudantes de conteúdos bioquímicos em avaliarem o estudo do Metabolismo como algo ultrapassado e de menor importância, cultivando-se a intenção de aprender os últimos detalhes descritos na literatura especializada sobre a deleção de um gene, por exemplo, sem se ter a intenção de compreender o que o produto enzimático deste gene pode fazer em uma célula (BROSEMER, 1989).

BROSEMER fez críticas à postura de muitos alunos de Medicina, que se queixavam do tempo gasto em aprendizagens teóricas, não tendo tempo de colocar em prática conhecimentos que, por si mesmos, demandariam uma sólida compreensão de princípios e fatos metabólicos (BROSEMER, 1989).

Para BROSEMER o tempo disponível para o Ensino de Metabolismo nas disciplinas introdutórias é um tema de reflexão, pois dificilmente poder-se-ia abordar temas contemporâneos ligados ao Metabolismo antes que os alunos aprendam as bases de conhecimentos necessárias para a compreensão dos novos saberes (BROSEMER, 1989).

O autor delinea metas de planejamento para cursos introdutórios de Bioquímica, que durem de 15 a 20 semanas, e em que o Metabolismo será abordado em aproximadamente  $1/3$  (um terço) do curso. Segundo o autor, esse é o panorama encontrado na prática dos cursos introdutórios, inclusive do curso de Medicina, salientando uma abordagem que expressa o que os alunos do curso de Medicina irão aprender, e não o que eles efetivamente deveriam saber para ter uma boa formação (BROSEMER, 1989).

Ao descrever as metas a serem alcançadas em um curso introdutório, BROSEMER destaca a discussão sobre a Memorização, a abordagem da Termodinâmica e da Química, a importância dos Princípios Gerais da Bioquímica, a necessidade da Integração e da Seleção dos conteúdos e a Abrangência de abordagem durante as aulas (BROSEMER, 1989).

A tentativa de Memorização excessiva por parte dos alunos dos cursos introdutórios seria nociva. Segundo o autor, os alunos deveriam memorizar apenas um mínimo de estruturas e reações, evitando que memorizações excessivas prejudicassem

a compreensão dos conceitos subjacentes no Metabolismo. Para a maioria dos alunos a memorização poderia tornar-se um fim em si mesma, deixando pouco incentivo para uma tentativa de compreensão mais profunda e para a valorização do Metabolismo (BROSEMER, 1989).

O autor defende a ideia de que a Termodinâmica deveria ser abordada de forma mais qualitativa no Ensino de Bioquímica. Segundo ele não faz sentido discutir constante de gases em sistemas com tão poucos gases, e a discussão sobre energia livre padrão é apenas um desserviço (postura essa da qual a responsável pela pesquisa discorda). Os conceitos de constante de equilíbrio, Princípio de LeChatelier e de reações de acoplamento através de intermediários comuns seriam suficientes para garantir uma boa compreensão dos princípios bioquímicos. Além disso, ele defende a importância da Química Orgânica na formação, porém, salienta que se deve ter o cuidado para que os alunos efetivamente compreendam a estrutura molecular e as características das diferentes funções orgânicas, trabalhando-se para que a fórmula estrutural deixe de ser apenas uma acumulação aleatória das letras C, H, O e P (BROSEMER, 1989).

Sobre a abordagem dos Princípios Gerais da Bioquímica, BROSEMER defende que a Glicólise, o Ciclo do Ácido Cítrico, a Cadeia Respiratória, a Fosforilação Oxidativa e a Gliconeogênese devem ser ensinados em detalhes, e que se deve fazer uma tentativa de encontrar um equilíbrio entre a abordagem de muitas reações individuais e a introdução de temas subjacentes sobre como o Metabolismo como um todo evoluiu (BROSEMER, 1989).

Com relação à seleção e à integração dos conteúdos, o autor salienta que muitos temas podem assumir uma posição de estrutura geral para o estudo da integração

metabólica, como por exemplo, o controle do Metabolismo do glicogênio, sendo que, para ele, qualquer que seja o tema escolhido, deve-se aprofundar nos detalhes de apenas alguns exemplos, ao invés de discutir vários exemplos de forma fragmentada), de forma semelhante ao defendido por EPP. Além disso, o autor critica as tentativas de ensinar diversos sistemas biológicos em pouco tempo, sugerindo a abrangência de um ou dois tecidos com alguma profundidade. BROSEMER cita o exemplo da Fotossíntese, defendendo a ideia de que se o foco para a introdução do Metabolismo são as plantas, a fotossíntese é um tema adequado, mas, se o foco são os mamíferos, a Fotossíntese não deve ser ensinada (BROSEMER, 1989).

O autor termina sua discussão refletindo sobre a abrangência dos conteúdos ensinados em sala de aula. BROSEMER defende a ideia de que não cabe aos professores ensinarem todo o conteúdo metabólico em sala de aula, mas sim, fornecer aos estudantes as ferramentas intelectuais necessárias para que os mesmos possam ter a autonomia de aprofundar seus estudos através da leitura de bibliografia sobre os temas e da interação com especialistas da área (BROSEMER, 1989).

Dando sequência à abordagem da problemática envolvendo metodologias de ensino de Metabolismo, salienta-se que em pesquisa desenvolvida por FARDILHA e colaboradores (2010), propôs-se uma abordagem metodológica diferenciada para o Ensino do Metabolismo dos Ácidos Graxos.

Segundo os autores, a abordagem de multi-método de aprendizagem ativa (MALA) foi utilizada na unidade de Bioquímica Médica do curso de Ciências Biomédicas da Universidade de Aveiro, sendo que os resultados de aprendizagem (LO) delineados para o tema de interesse foram a compreensão do Metabolismo lipídico (para a integração da regulação das vias de lipídios e carboidratos) e a compreensão da

desregulação do Metabolismo lipídico em condições de doença (FARDILHA et al., 2010).

Para a realização satisfatória das atividades foram definidos objetivos específicos para cada LO, sendo que os preceptores responsáveis pela unidade de Bioquímica Médica compreenderam um consultor (responsável pelo módulo), um tutor e um perito científico em peroxissomos (FARDILHA et al., 2010).

De acordo com os autores, dada a complexidade da matéria, várias atividades de aprendizagem ativa foram realizadas de forma integrada, sendo que a atividade inicial foi a análise do filme “O óleo de Lorenzo” de George Miller (1992) (FARDILHA et al., 2010).

O tema também foi abordado de acordo com o método de aprendizagem baseado em problemas (PBL), o que levou os alunos a descobrirem as diferentes Vias Metabólicas que compõem o Metabolismo de ácidos graxos através de estudo independente e pesquisa. As atividades por PBL seguiram uma sequência de aprendizagem que iniciou com os alunos discutindo e esclarecendo termos e conceitos não facilmente compreensíveis (Passo 1); em seguida passou-se para a definição do problema (Passo 2), analisando-o criticamente, revisitando o conhecimento prévio sobre o assunto e oferecendo explicações provisórias (Passo 3). Por fim, foi elaborado um inventário com tentativas de explicação (passo 4) e passou-se para a formulação de questões de aprendizagem (Passo 5). Entre as reuniões tutoriais que ocorreram durante todo o processo, os estudantes recolheram informações a partir de estudos individuais para tentar alcançar os objetivos de aprendizagem estabelecidos (Passo 6), apresentando, em cada reunião realizada, os resultados alcançados segundo os objetivos definidos em reunião precedente (Passo 7) (FARDILHA et al., 2010).

Os estudantes ainda complementaram suas atividades com o desenvolvimento de um projeto (em grupo) sobre o tema de interesse, passando por sessões de discussões sobre o mesmo, construção de relatório, e apresentação do projeto em PowerPoint para o restante da turma (FARDILHA et al., 2010).

Sessões de laboratório também fizeram parte das atividades de aprendizagem, sendo que foi proposta para os estudantes a construção de procedimentos experimentais que pudessem levá-los a alcançar os objetivos da prática laboratorial (FARDILHA et al., 2010).

Após análise dos resultados obtidos em todas as etapas realizadas, inclusive mediante teste final individual, os autores concluíram que as metodologias utilizadas não foram prejudiciais para a aprendizagem, e que se mostraram superiores no que se refere à motivação de aprendizagem dos alunos envolvidos (FARDILHA et al., 2010).

Partindo do pressuposto de que o tema Metabolismo Energético tem relação direta com as preocupações cotidianas dos indivíduos, LUZ e POIAN (2005) desenvolveram atividades didático-pedagógicas com alunos do Ensino Fundamental (EF) e do Ensino Médio (EM).

A escolha dessas duas etapas da Educação Básica como campo de atividade deveu-se a uma constatação feita em estudantes do primeiro período de diversos cursos da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Esses estudantes apresentaram um quadro conceitualmente conflitante quanto à produção de energia pelas células, levando os pesquisadores a refletirem que a afirmação errônea de que “somente a glicose pode ser utilizada para a produção de ATP pelas células” foi causada pela condução dada à educação formal, não sendo fruto de conhecimento do senso comum (LUZ, POIAN, 2005, 43).

Segundo os autores, a educação formal estaria conduzindo o processo didático pedagógico de forma a dar ênfase em uma “apresentação exclusiva das vias de oxidação da glicose no EM”, exagerando a função energética de carboidratos no EF, em detrimento de lipídeos e proteínas, implicando “na atribuição das funções únicas e específicas para cada nutriente: função ‘energética’ para os carboidratos, de ‘reserva’ para os lipídeos e ‘estrutural’ (ou ‘plástica’) para as proteínas” (LUZ, POIAN, 2005, 43).

Os autores propuseram atividades de ensino simples e de baixo custo, propondo para o EF a análise de rótulos de alimentos, e para o EM a análise e interpretação gráfica de dados de glicemia, visando assim contribuir para uma aprendizagem efetiva (LUZ, POIAN, 2005).

Ainda em uma perspectiva de desenvolvimento de materiais didático-pedagógicos sobre Metabolismo, VASCONCELLOS e BONELLI (2008) desenvolveram um jogo de tabuleiro que do ponto de vista dos autores pode ser usado como uma ferramenta complementar no ensino do Metabolismo energético.

Ao apresentar a organização do jogo os autores descrevem que procurou-se deixar claro “a sequência 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” (VASCONCELLOS, BONELLI, 2008, 1).

Segundo os autores, a proposição da atividade pautou-se no objetivo de tentar oferecer aos professores uma alternativa “eficiente e de baixo custo a fim de potencializar o aprendizado da Bioquímica por parte dos alunos do ensino médio” (p.4), pois o tema em questão estaria diretamente ligado às questões cotidianas dos jovens na atualidade (VASCONCELLOS, BONELLI, 2008).

Em dissertação de mestrado desenvolvida por SARRAIPA (2009), sob a orientação do Prof. Dr. Eduardo Galembeck, foi desenvolvida uma ferramenta computacional cujo objetivo foi fornecer uma alternativa didática para a apresentação de conteúdo específico do Metabolismo.

Segundo o autor, enfatizou-se a montagem virtual da glicólise anaeróbica, verificando-se que o programa desenvolvido demonstrou grande potencial como recurso de avaliação da aprendizagem, contribuindo para a análise de retomada de decisões e contribuindo na identificação de conceitos prévios (SARRAIPA, 2009).

Verificou-se que os erros mais comuns cometidos pelos estudantes estavam relacionados com a compreensão da especificidade enzimática, pois se notou a reutilização inapropriada de enzimas em reações específicas, indicando um problema conceitual. Além disso, os dados levaram à reflexão de que a intervenção prévia do professor na abordagem do conteúdo poderia ter minimizado sensivelmente os erros verificados (SARRAIPA, 2009).

Em trabalho de pesquisa desenvolvido com alunos do curso de graduação em Medicina da Fundação Faculdade Federal de Ciências Médicas de Porto Alegre (FFFCMPA), AZEVEDO e colaboradores (2004) conduziram uma investigação sobre o uso de um software educacional – denominado Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual (DMDV), para o Ciclo do Ácido Cítrico ou Ciclo de Krebs – e seu impacto na aprendizagem de conteúdo da disciplina de Bioquímica ministrada no referido curso.

Segundo os autores (AZEVEDO et al., 2004), o DMDV constitui-se de jogos interativos com a sequência de substratos e enzimas das rotas metabólicas, seu controle, inibição, papel de vitaminas para seu correto funcionamento e sua relação com outros sistemas, além de promover a leitura de textos sobre as funções e

características do Ciclo do Ácido Cítrico, com resolução de questões dissertativas e de múltipla-escolha.

Os autores concluíram que apesar dos dados serem incipientes, e da necessidade de aumentar o número de sujeitos da pesquisa, pôde-se verificar que os resultados de aprendizagem foram semelhantes tanto em alunos que fizeram uso do software quanto em alunos que utilizaram a versão do jogo em tabuleiro, diferindo-se os resultados quanto à motivação, pois os alunos que fizeram uso do jogo interativo se sentiram mais satisfeitos. Esse resultado indicou a possibilidade do DMDV ser utilizado sem prejuízo para o processo de Ensino e Aprendizagem (AZEVEDO et al., 2004).

### **I.3) Literacia Visual**

De acordo com a literatura, o termo inglês *Literacy* (uso da habilidade de ler e escrever com competência) foi traduzido para a Língua Portuguesa como Literacia ou Letramento.

O termo Letramento é largamente usado no Brasil por especialistas da área de Educação e das Ciências Linguísticas, enquanto que o termo Literacia é usado com maior frequência por pesquisadores portugueses (SOARES, 1998).

A palavra Letramento aparece pela primeira vez em uma obra brasileira em 1986, no livro intitulado “No Mundo da Escrita: Uma perspectiva psicolinguística”, de Mary Kato (CAVALCANTE JUNIOR, 1997; SOARES, 1998; SILVA, 2004), enquanto sua publicação em título de livro ocorre pela primeira vez em 1995, numa obra organizada por Ângela Kleiman e intitulada “Os significados do Letramento: uma nova perspectiva sobre a prática social da escrita” (CAVALCANTE JUNIOR, 1997).

Segundo a literatura, na atualidade, não existe consenso sobre uma concepção teórica única para os vocábulos Literacia ou Letramento, porém, em linhas gerais, pode-se afirmar que os termos dizem respeito ao ato de ensinar e aprender as práticas sociais da leitura e escrita, bem como ao estado ou condição que adquire um grupo social ou indivíduo como consequência de ter-se apropriado da escrita e das suas práticas sociais (SOARES, 1998).

Nesta pesquisa adotar-se-á como tradução da palavra *Literacy* o vocábulo Literacia, pois de acordo com pesquisas na literatura especializada, o termo Literacia é mais comumente usado pelos referenciais teóricos que serão adotados no desenvolvimento deste projeto (SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006)

As discussões sobre a linguagem visual têm estreitas ligações com o campo de estudo da Semiótica. Nesta pesquisa, entender-se-á a Semiótica como o campo de estudo dos signos. De acordo com a literatura, um dos grandes expoentes da Semiótica foi Charles Sanders Peirce (1839 - 1914), que propôs que os signos poderiam ser categorizados em Ícones, Índices e Símbolos (FARIAS, 2003; FARIAS, QUEIROZ, 2013; QUEIROZ, 2007; RIBEIRO, 2010; SILVA, 2003; SILVA, 2010; SILVEIRA, 1989; VILAÇA, FREITAS, 2009).

Os signos icônicos compreendem Imagens, Diagramas e Metáforas, salientando que os desenhos, fotografias, esquemas, modelos, estruturas e formas (incluindo as formas lógicas e poéticas) fazem parte dessa tricotomia pierceana. O Ícone e o Índice estão contidos no Símbolo, além disso, todo Índice traz consigo um Ícone, que não precisa necessariamente ser imagem do objeto (FARIAS, 2003; FARIAS, QUEIROZ, 2013; QUEIROZ, 2007; RIBEIRO, 2010; SILVA, 2003; SILVA, 2010; SILVEIRA, 1989; VILAÇA, FREITAS, 2009).

A imagem é um signo icônico que incorpora diversos códigos, e sua leitura demandará o conhecimento e a compreensão desses códigos (SARDELICH, 2006), sendo que a importância do uso da imagem como linguagem pode ser evidenciada por estudos da literatura especializada (BENSON, 1997; STOKES, 2002), e remonta ao princípio da comunicação escrita, pois, segundo Machado, a imagem está na origem de toda a escrita (MACHADO, 2001 apud GRUSZYNSKI, CASTEDO, 2008).

Ainda de acordo com Machado “a imagem é uma forma de construção do pensamento tão sofisticada que sem ela provavelmente não teria sido possível o desenvolvimento de ciências como a Biologia, a Geografia, a Geometria, a Astronomia e a Medicina” (MACHADO, 2001, 23 apud GRUSZYNSKI, CASTEDO, 2008, 4).

Tendo-se em vista a importância da linguagem visual no Ensino de Ciências, bem como o seu uso consciente e contextualizado, buscou-se na literatura especializada um termo que pudesse congrega os diferentes conceitos em foco, lançando-se mão assim da denominada Literacia Visual.

O conceito de Literacia Visual não é consensual, externando embates teóricos calcados em posturas específicas de diferentes áreas do conhecimento humano (SARDELICH, 2006; AVEGERINOU, ERICSON, 1997).

Sem ter a pretensão de elencar os vários trabalhos sobre a polêmica existente sobre o termo e a conceituação da Literacia Visual, buscou-se traçar um panorama geral das discussões sobre o tema, salientando-se a dificuldade de consenso em abordagens teóricas de cunho interdisciplinar, como no caso em questão.

Entre 1968 e 1969 o pesquisador John Debes propôs o termo Literacia Visual (LV), estruturando uma incipiente conceituação do mesmo. Segundo Debes, a LV estaria relacionada a um conjunto de competências visuais que um ser humano pode desenvolver de forma integrada com outras experiências sensoriais. O desenvolvimento deste conjunto de competências seria fundamental para o aprendizado normal humano, pois permitiria que os indivíduos pudessem identificar e interpretar ações, objetos, símbolos, entre outros, estabelecendo comunicação com seus pares através do uso criativo das competências visuais. Para Debes, a definição da LV careceria de estudos mais aprofundados, pois, sendo um assunto multifacetado, o mesmo exibia grande quantidade de parâmetros inexplorados (DEBES, 1968; DEBES, 1969a; DEBES, 1969b; FRANSECKY, DEBES, 1972 apud AVEGERINOU, ERICSON, 1997).

A conceituação incipiente de Debes foi criticada, pois, segundo os teóricos da área, a mesma deixa claro o que uma pessoa letrada visualmente pode fazer, porém,

não aborda o conceito da LV (BIEMAN, 1984 apud AVEGERINOU, ERICSON, 1997), não definindo os estímulos de interesse em termos de uma modalidade simbólica, mas sim, em termos de uma modalidade sensorial (LEVIE, 1978).

Outra abordagem sobre a LV baseou-se na ideia de comunicação intencional, defendendo que a LV pode ser definida como um conjunto de habilidades que permitem aos sujeitos usar e compreender os recursos visuais com o objetivo de se comunicar com outros sujeitos (AUSBURN, AUSBURN, 1978b; AVEGERINOU, ERICSON, 1997).

Ainda sob uma perspectiva de comunicação intencional, HORTIN propôs que a LV seria a capacidade de compreender (ler) e usar (escrever) imagens para aprender e pensar em termos imagéticos, ou seja, para aprender visualmente (HORTIN, 1983 apud AVEGERINOU, ERICSON, 1997; BRADEN, HORTIN, 1982).

Segundo AVEGERINOU e ERICSON, HORTIN fez a tentativa mais completa de definir a LV em termos de forma e conteúdo, pois incorporou ao seu conceito os fatores críticos da linguagem, do pensamento e da aprendizagem visual. Entretanto, o conceito de HORTIN não tem sido amplamente aceito, pois se questiona que o pesquisador não abordou questões de projeto, criatividade e estética no mesmo (AVEGERINOU, ERICSON, 1997).

Em linhas gerais, CURTISS propôs que a LV seria a capacidade de compreender a comunicação de uma informação visual em qualquer contexto cultural em que a mesma seja produzida, implicando igualmente na capacidade do indivíduo se expressar, analisar os princípios de composição da sintaxe e do estilo da obra, além da avaliação do mérito disciplinar e estético (CURTISS, 1987 apud AVEGERINOU, ERICSON, 1997).

Em outra abordagem, a LV é definida como a reconstrução ativa de experiências passadas, com agregação de informações visuais para a obtenção de significados (SINATRA, 1986 apud STOKES, 2002). Este autor considera a LV um pré-requisito indispensável para o desenvolvimento de outros tipos de alfabetização, bem como ao desenvolvimento do pensamento humano (AVEGERINO, ERICSON, 1997).

### Segundo STOKES

Wileman (1993) define a literacia visual como "a capacidade de 'ler', interpretar e compreender a informação apresentada em imagens pictóricas ou gráficas" (p. 114). Associada com a alfabetização visual é o pensamento visual, descrito como "a capacidade de transformar informações de todos os tipos em imagens, gráficos ou formas que ajudam a comunicar a informação" (Wileman, p. 114). Uma definição similar para a alfabetização visual é "a capacidade aprendida para interpretar mensagens visuais com precisão e criar tais mensagens" (Heinich, Molenda, Russell & Smaldino, 1999, p. 64). A definição de ERIC de alfabetização visual é "um grupo de competências que permite aos seres humanos discriminar e interpretar a ação visível, objetos e/ou símbolos, naturais ou construídos, que encontram no ambiente" (STOKES, 2002, 12).

Com uma postura de aceitação intermediária do termo, SLESS (1984) defende a ideia de que o conceito de LV deve ser expandido, abrangendo qualquer atividade que trata de material visual que seja utilizado de forma inteligente.

No contexto polêmico gerado pelas tentativas de definição da LV, pode-se encontrar autores com posturas contrárias ao estabelecimento de um conceito (AVEGERINO, ERICSON, 1997). As opiniões variam desde a substituição do termo Literacia Visual por outros específicos (JOHNSON, 1977 apud AVEGERINO, ERICSON, 1997), até a ideia de que o termo deve ser abandonado por possuir conotações enganosas (CASSIDY, KNOWLTON, 1983). A ideia de que a LV não constitui uma área coerente de estudo também pode ser encontrada na literatura (SUHOR, LITTLE, 1988).

Segundo a literatura (COCHRAN, 1976), em 1976 houve uma tentativa não muito bem sucedida de definição do termo LV. O fato ocorreu em uma conferência de líderes de mídia, sendo que os delegados presentes no evento apresentaram 62 definições. A análise do material identificou consenso sobre três categorias às quais a LV estaria relacionada: habilidades humanas, estratégias de ensino e promoção de ideias (AVEGERINOU, ERICSON, 1997).

Em pesquisa realizada na década de 1990 (BACA, BRADEN, 1990 apud AVEGERINOU, ERICSON, 1997), foram elencados 88 participantes que contribuíram em Conferências da área de LV (International Visual Literacy Association's Conferences and Journal (JVVL)) entre 1984 e 1988, encontrando consenso sobre os princípios básicos da LV. De acordo com AVEGERINOU e ERICSON (1997) os princípios mais pertinentes seriam:

- Literacia Visual refere-se ao uso de recursos visuais para fins de: comunicação; pensamento; aprendizagem; construção de significado; expressão criativa; prazer estético (Ibid, 65).
- Dentro do contexto da alfabetização visual, um visual pode ser: visto com os olhos (visível), na mente (mental) (ibid, 66).
- No contexto da alfabetização visual, um visual que é visível pode incluir: objetos artificiais; objetos naturais; eventos; ações; ícones, representações pictóricas; icônicos; representações pictóricas, independentemente do grau de realismo; símbolos icônicos; símbolos não-verbais; símbolos digitais, tais como palavras impressas / escrita e números, quando combinados com elementos icônicos (ibid, 67).
- No contexto da alfabetização visual, um visual mental inclui: imagens pictóricas, quaisquer imagens não-verbais (infra, 67).
- O estudo da alfabetização visual envolve: teoria, pesquisa, implementação, a relação entre os componentes da pesquisa, teoria e aplicação (ibid, 69).
- Há necessidade de uma liderança para colmatar as preocupações de vários indivíduos e grupos envolvidos com a alfabetização visual: entre campos diferentes (incluindo a integração de teoria; organização de pesquisa relacionada; divulgação de informações); entre os profissionais e pesquisadores / teóricos (incluindo formação de professores sobre Literacia Visual; criando suporte para o conceito de Literacia Visual na educação pública; envolvendo professores, administradores e especialistas em mídias educacionais com Literacia Visual; parceria com pesquisadores em campo prático, com aplicações em sala de aula sobre o uso de recursos visuais no ensino; pesquisa realizada para validar a teoria de Literacia Visual e aplicações (ibid, 71) (AVEGERINOU, ERICSON, 1997, 284).

Ainda de acordo com o trabalho de AVEGERINOU e ERICSON (1997), a literatura especializada trás informações sobre questões teóricas relacionadas ao conceito da LV. A análise inicia-se pela abordagem da **Percepção Visual**, “uma vez que a forma como percebemos as coisas influencia”, entre outros, a aprendizagem de conceitos, a capacidade de resolver problemas e o desenvolvimento do pensamento crítico (FLEMING, LEVIE, 1993 apud AVEGERINOU, ERICSON, 1997, 285). A seguir citou-se a **Investigação sobre processos hemisféricos** do cérebro, afirmando que nos sistemas educacionais o hemisfério esquerdo (responsável pelos processos linguísticos, analíticos, simbólicos, sequenciais e lógicos) se desenvolve mais do que o hemisfério direito (responsável pelos processos espaciais e configuracionais, sintéticos e por questões holísticas e intuitivas) (PETTERSSON, 1993 apud AVEGERINOU, ERICSON, 1997, 285). No que se refere à **Imagem Visual** seu maior destaque estaria no processo de aprendizagem, pois o estudo das relações entre compreensão verbal e visual, aprendizagem e formação de conceitos, além de um maior entendimento sobre a percepção, armazenamento e recuperação de imagens pelos indivíduos, traria benefícios para os processos didático-pedagógicos (HODES, 1993 apud AVEGERINOU, ERICSON, 1997, 285).

O **Estilo cognitivo** também é destacado, pois esse “é determinado pela forma como o indivíduo adquire e processa as informações recebidas” (AVEGERINOU, ERICSON, 1997, 285). Foram identificados dez tipos diferentes de estilos cognitivos, sendo que ao referir-se à LV deve-se destacar a (1) Dependência de campo/Independência, a (2) Impulsividade/Reflexividade, e a (3) Haptic (tátil)/Visual. Segundo a literatura, pesquisas realizadas para o estudo do estilo cognitivo demonstraram que alunos campo independentes, visuais e reflexivos parecem ter melhor

desempenho escolar (KOGAN, 1971 e BURBANK, PETT, 1983 apud AVEGERINO, ERICSON, 1997, 285; AUSBURN, AUSBURN, 1978a).

As discussões também dão ênfase à **Linguagem Visual**. Uma vez aceita a ideia de que existe semelhança entre Letramento verbal e a LV, deve-se levar em consideração que os “recursos visuais têm o seu próprio vocabulário, gramática e sintaxe” e que uma pessoa que possua LV deve ser capaz de ler (decodificar e interpretar) e escrever (codificar) a linguagem visual (AVEGERINO, ERICSON, 1997, 285; AUSBURN, AUSBURN, 1978b). Assim, a Linguagem Visual pode ser definida como “o uso intencional de sinais culturalmente adquirido nos padrões culturalmente estabelecidos para fins de comunicação” (DEBES, WILLIAMS, 1978 apud AVEGERINO, ERICSON, 1997, 285).

Na Linguagem Visual, caracterizada por uma comunicação não verbal, faz-se uso do corpo (gestos e movimentos corporais), de objetos (objetos usados na comunicação), de sinais e símbolos (como por exemplo a pictografia e a semantografia) (DEBES, WILLIAMS, 1978 apud AVEGERINO, ERICSON, 1997) e os elementos gráficos de Linguagem (cores; linhas de luz e sombra; fluxo de movimento; justaposição, perspectiva e tamanho relativo de itens) (AUSBURN, AUSBURN, 1978b; AVEGERINO, ERICSON, 1997).

Também se faz necessário salientar que o conhecimento sobre a estrutura e a função da Linguagem Visual é necessário para que a mesma seja usada de forma competente. Assim, citando AVEGERINO e ERICSON,

- Projeto Visual: O Projeto Visual e os princípios de composição são de fundamental importância para a produção de material visual de ensino eficaz. Os elementos visuais básicos são: linha, forma, direção, tom, cor, escala, dimensão e movimento. Além disso, existem sete princípios básicos de design: arranjo, equilíbrio, cor, dinamismo,

ênfase, fidelidade e harmonia gráfica. (Heinich et al., 1996) (...). Cada variável visual deve ser considerada individualmente, bem como a forma como ela se relaciona com o todo. Os resultados da pesquisa sobre essas variáveis precisam ser divulgados para os educadores compreenderem plenamente como variáveis de imagem estão relacionadas à aprendizagem de recursos visuais, quando, como, e quanto."

- Análise de Imagem: A maneira como os alunos percebem, entendem e julgam as imagens visuais, é outra questão crucial para o campo de LV. Há quatro fases em que as pessoas participam de forma ativa no processo de decodificação de imagens: a) descrição dos elementos gráficos que compõem a imagem, b) a análise das maneiras como esses elementos foram arranjados, c) interpretação das mensagens que estão sendo transmitidas, e d) valorização estética da imagem (AVEGERINOU, ERICSON, 1997, 286).

Quanto aos aspectos práticos, há parâmetros que também devem ser salientados.

Logo, tem-se que levar em consideração,

- Ensino sobre Visuais (ou seja, o ensino sobre a produção de efeitos visuais, bem como o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico em relação à produção de efeitos visuais).
- Relações entre aprendizagem visual e verbal (isto é, a definição das formas em que a aprendizagem visual e verbal estão relacionadas umas com as outras, com uma forte ênfase na influência positiva da primeira sobre a melhoria da última).
- Áudio visuais no ensino (ou seja, os educadores têm de se tornar mais conscientes do uso de meios audiovisuais no ensino, e mais realistas, tanto quanto as suas expectativas desta utilização. Isto pode ser conseguido, se seguir sistematicamente as três principais fases de planejamento, produção e apresentação).
- Influências de Comunicação Social (com ênfase especial sobre a influência que a televisão tem sobre a percepção que os jovens têm de si mesmos, de seus valores e crenças, e de seu ambiente circundante) (AVEGERINOU, ERICSON, 1997, 286).

### **I.3.I) Literacia Visual e suas considerações Educacionais**

De acordo com AVEGERINOU e ERICSON (1997) as discussões sobre LV se destacaram durante os anos de 1960, pois o intenso uso da televisão por crianças passou a ser uma preocupação. Assim, grupos com posturas conceituais divergentes levantaram a bandeira da importância dos indivíduos se tornarem visualmente alfabetizados (FLORY, 1978 apud AVEGERINOU, ERICSON, 1997).

Segundo a literatura, grande parte de toda a aprendizagem sensorial ocorre de forma visual (PATTERSON, 1962 e RIGG, 1971 e SPENCER, 1991 apud AVEGERINOU, ERICSON, 1997), logo, cabe aos educadores buscar promover a LV de forma adequada.

É ainda importante destacar que a sociedade da atualidade faz uso extensivo dos meios de comunicação visual nas suas diversas expressões. De um modo geral, as crianças passam parte significativa de seu tempo assistindo programas de TV e fazendo uso de computadores, levando os adultos responsáveis a refletirem sobre o impacto e o valor dos meios visuais no desenvolvimento das novas gerações (AVEGERINOU, ERICSON, 1997; STOKES, 2002).

Neste contexto é essencial analisar que, sem um processo de ensino e aprendizagem coerente, as habilidades de LV podem ser adquiridas até certo ponto e de forma superficial, uma vez que os processos reflexivos superiores demandam mediações didático-pedagógicas específicas (SLESS, 1984, 1994 apud AVEGERINOU, ERICSON, 1997).

O desenvolvimento da LV pode resultar no aumento da capacidade de melhor compreender a sociedade atual e, para tanto, tem-se que repensar o papel da Escola nesse processo, rearticulando o currículo e as metodologias de ensino. Como exemplo de ações no âmbito escolar pode-se citar a análise do conteúdo visual de anúncios de revistas, composição de foto-ensaio, reconhecimento de sinais não-verbais em livros sem palavras, entre outros (AVEGERINOU, ERICSON, 1997).

A LV demonstra o seu valor nas várias etapas do desenvolvimento dos indivíduos, destacando-se que

Nos primeiros anos, o uso de imagens e desenhos animados pode contribuir diretamente para o desenvolvimento de padrões de fala e vocabulário. Para muitas crianças, os quadrinhos proporcionam um trampolim entre livros de imagens e texto convencional. Na fase adulta, nós empregamos esquemas e diagramas para simplificar processos e procedimentos, por exemplo, o ciclo de chuva. No ensino secundário, os alunos são obrigados a se envolver com uma gama crescente de informações visualmente apresentadas como, por exemplo, sinais convencionais e mapas empregando método coroplético. Em química, é atribuída grande importância à capacidade dos alunos de compreender estruturas moleculares tridimensionais. Em um contexto universitário, os alunos são muitas vezes obrigados a fazer apresentações ou exposições de projetos que simplificam informação verbal-visual altamente complexa (AVEGERINOU, ERICSON, 1997, 289).

De acordo com a literatura, o uso e a interpretação de imagens pode ser analisado como uma linguagem específica, pois as imagens são usadas para comunicar mensagens cujo significado só poderá ser apreendido mediante uma decodificação (BRANTON, 1999 e EMERY, FLOOD, 1998 apud STOKES, 2002). Assim, a LV é culturalmente específica “embora existam símbolos universais ou imagens visuais que são globalmente compreendidas” (STOKES, 2002, 13)

A ideia de que a LV precede a alfabetização verbal também está presente na literatura, pois os pesquisadores afirmam que os processos mentais têm como base a LV que, por sua vez, é o alicerce para o desenvolvimento da leitura e da escrita. Ao explorar o mundo à sua volta a criança primeiro visualiza, para, em momento posterior, desenvolver a capacidade de usar palavras. Neste processo de aprendizagem a criança primeiramente faz uso dos símbolos não verbais para compreender seu meio (BERGER, 1972 e SINATRA, 1986 e FLATTLEY, 1998 apud STOKES, 2002).

O planejamento do uso dos recursos visuais no processo de Ensino e Aprendizagem é essencial, pois ao usar-se os instrumentos visuais de forma simplesmente lúdica (para emocionar ou divertir) há uma interferência negativa na

aprendizagem, pois não há uma associação efetiva entre o estímulo visual e a compreensão dos conceitos de interesse (SHERRY, 1996).

Levando-se em consideração as discussões acadêmicas em torno do conceito da LV, bem como a compreensão do termo que norteou a presente pesquisa, tem-se que a Literacia Visual compreende a capacidade de ler (compreender ou dar sentido a) e escrever REs, incluindo a capacidade de pensar, aprender e se expressar através de representações visuais (BRADEN, HORTIN, 1982; AMETLLER, PINTÓ, 2002; LOWE, 2003).

### **I.3.2) Literacia Visual e o Ensino de Bioquímica**

SCHÖNBORN e ANDERSON (2006), ao analisarem representações externas em diferentes livros textos de Bioquímica, identificaram uma falta de rigor em relação às convenções simbólicas dos mesmos. Essa constatação levou os autores a refletirem sobre a maior complexidade da aprendizagem de Bioquímica em relação a outras disciplinas, e revelou a necessidade de que a União Internacional de Bioquímica e Biologia Molecular (IUBMB), na medida do possível, estabeleça convenções padronizadas para as REs.

Ainda segundo os autores, a utilização de REs por bioquímicos envolve diferentes níveis de abstração, sendo que um mesmo fenômeno pode ser representado de forma abstrata (por exemplo, gráfico de absorbância), estilizada (por exemplo, figuras representativas de uma molécula) e, na medida do possível, realista (por exemplo, micrografia eletrônica). Assim, os sujeitos precisam fazer um esforço cognitivo estabelecendo as inter-relações entre as diferentes formas de abstração de um mesmo

fenômeno, pois, caso contrário, o processo de ensino e aprendizagem, bem como o de pesquisa, não será possível (SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006).

Outra questão relacionada ao Ensino de Bioquímica refere-se aos diferentes tipos de representação das REs, pois “os fenômenos bioquímicos abstratos são representados numa gama de modelos diferentes, incluindo modelos estáticos bidimensionais e tridimensionais, modelos dinâmicos e modelos de multimídia” (SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006, 96). De acordo com os autores, o modelo estático bidimensional geralmente é encontrado em livros didáticos (por exemplo, gráficos colorimétricos, diagramas de proteínas, entre outros), enquanto modelos tridimensionais podem ser exemplificados pelo modelo de  $\alpha$ -hélice e pelos modelos de bolas-e-varetas. O modelo visual dinâmico é aquele denominado de animado, pois há movimento gráfico ou de informação, numa interação que ocorre, geralmente, com o auxílio de computadores. No que se refere ao modelo de multimídia, as informações são disponibilizadas em vários formatos a partir da combinação de diferentes recursos técnicos.

Os fenômenos e os conceitos bioquímicos são representados de acordo com os objetivos didáticos-pedagógicos, os recursos tecnológicos disponíveis e a natureza bioquímica do processo de interesse (SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006). Assim, o uso pedagógico satisfatório (ou seja, que resulte em efetiva aprendizagem de conteúdos) de REs depende intrinsecamente da mediação didática competente entre os conceitos e os instrumentos visuais utilizados.

A suposta superioridade pedagógica dos modelos animados e de multimídias sobre os modelos estáticos deve ser analisada prudentemente. Segundo a literatura, dados de pesquisa recente levou os autores a inferirem a possibilidade de que REs

dinâmicas podem se apresentar cognitivamente complexas para alguns alunos, devido à quantidade de informações que precisam ser processadas. Além disso, a aparência e a estética podem constituir uma distração na aprendizagem (LOWE, 2003 apud SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006; CHANLIN, 1997).

Dados da literatura inferem que o nível de conhecimento do estudante pode levar o mesmo a considerar os próprios modelos estáticos como uma linguagem incompreensível (por exemplo, o uso de gráficos), pois o alto nível de complexidade da informação e a abordagem metodológica inadequada fazem com que as conexões entre os conceitos e as representações visuais não sejam óbvias (CHANLIN, 1999).

A efetiva contribuição dos modelos estáticos, dinâmicos e de multimídia só poderá ser analisada através de pesquisas que estabeleçam as vantagens e desvantagens de seus usos em diferentes níveis de ensino (WILLIAMS, DWYER, 1999; SCHNOTZ, LOWE, 2003 e SCAIFE, ROGERS, 1996 apud SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006).

A escassez de pesquisas que tenham como objetivo investigar a efetiva eficácia das REs de visualização dos fenômenos no Ensino de Bioquímica é um problema que deve ser sanado (RICHARDSON, RICHARDSON, 2002), pois a ideia de que a simples proposição de novas REs (principalmente computacionais) podem elevar o nível de aprendizagem dos sujeitos não tem embasamento científico (SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006).

A proposição de novas REs sem a devida análise do impacto das mesmas no processo de Ensino e Aprendizagem pode gerar obstáculos de aprendizagem relacionados à diferença do nível de maturidade intelectual que existe entre o(a) proponente (pesquisadores cuja LV foi desenvolvida durante os anos de experiência) e os sujeitos do processo de aprendizagem (que se encontram em processo de

construção do letramento científico e da LV) (RICHARDSON, RICHARDSON, 2002; SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006).

SCHÖNBORN e ANDERSON (2006) sugerem o ensino explícito da natureza das Representações Externas para os alunos de Bioquímica, sendo necessária a criação de um componente curricular que vise o desenvolvimento de habilidades de visualização, ou seja, que contemple a Literacia Visual.

Logo, após extensa análise da literatura especializada, bem como a partir de dados levantados pelos próprios autores, foram elencadas várias diretrizes de grande interesse. O conhecimento aprofundado sobre a postura dos autores deve ser devidamente apreciado no artigo original (SCHÖNBORN, ANDERSON, 2006).

#### **I.4) Questionários de Avaliação da Aprendizagem**

A Avaliação da Aprendizagem constitui um tema de constante preocupação para todos os sujeitos envolvidos no processo de Ensino e Aprendizagem.

Como todo tema de alta relevância pedagógica, a Avaliação é foco de acirradas discussões conceituais e metodológicas, verificando-se uma gama de proposições teóricas sobre a melhor forma de realizá-la (ANDRADE, [s.d]).

Numa tentativa de sintetizar algumas afirmações sobre o conceito de Avaliação e a sua importância, pode-se dizer que a Avaliação constitui um processo em que deve existir um equilíbrio, em sua devida proporção, entre os aspectos qualitativos e quantitativos da análise do processo de Ensino e Aprendizagem, onde a mesma assume a função de um instrumento de diagnóstico que permite ao professor interpretar dados de seu próprio trabalho, aperfeiçoar o processo, diagnosticar resultados e atribuir

valor, conduzindo a uma tomada de decisão a partir de uma postura rigorosa, tanto técnica como científica (D'AGNOLUZZO, 2012; LUCKESI, 1998).

HESTENES e colaboradores (HESTENES et al, 1992) desenvolveram um Inventário de avaliação da aprendizagem em Física que norteou a construção de outros instrumentos no Ensino de Ciências (WRIGHT, HAMILTON, 2008; HOWITT et al, 2008).

Esses Inventários de avaliação da aprendizagem são de extrema importância na identificação de problemas no processo de Ensino e Aprendizagem, e colocam à disposição do professor informações pertinentes que podem auxiliar no ajuste de metodologias de aprendizagem pré-existentes, bem como na construção de novas propostas metodológicas. A possibilidade de identificação de erros conceituais faz dos inventários uma ferramenta poderosa de avaliação da aprendizagem.

## **I.5) Objetivos**

Tendo em vista o exposto, e sob uma perspectiva de inovação educacional que garanta uma formação mais organizada e contextualizada para os seres humanos deste novo milênio, bem como o desenvolvimento da capacidade de análise dialética dos problemas educacionais e sociais que caracterizam o contexto existencial dos indivíduos (GENRO FILHO, 1986; MANACORDA, 1991; VASCONCELLOS, 2000), os estudos sobre Literacia Visual poderão contribuir para promover a revitalização e a dinamização de muitos processos de cunho educacional (ALMEIDA, 2006; BARREIRO-PINTO, SILVA, 2008; BARRY, 1997; GRUSZYNSKI, CASTEDO, 2008; LIMA, HETKOWSKI, 2007; MORAN, 2007).

Neste íterim, reforça-se novamente o discurso sobre a relevância de identificar-se as dificuldades de leitura e interpretação de representações visuais de conteúdos

bioquímicos, sendo de extrema importância a proposição de ações metodológicas que possam minimizar ou mesmo sanar essas dificuldades, o que, conseqüentemente, poderá favorecer o processo de Ensino e Aprendizagem de Bioquímica.

Assim, a presente Pesquisa teve como objetivo investigar o nível das habilidades de leitura e interpretação de elementos visuais, ou seja, o nível de Literacia Visual de alunos do Bacharelado em Bioquímica da Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ), *Campus* Centro-Oeste Dona Lindu, Divinópolis/MG, a partir da aplicação de um Questionário de diagnóstico de Aprendizagem contextualizado no conteúdo de Metabolismo.

Visou-se que o levantamento de dados sobre o nível de Literacia Visual dos alunos do referido curso, propiciasse os subsídios de análise necessários para a proposição de uma atividade de intervenção, com o intuito de melhorar as habilidades de leitura/visualização e escrita/representação de elementos visuais de conteúdos bioquímicos. A proposição de uma intervenção pedagógica teve como foco auxiliar a construção de uma atividade de Ensino e Aprendizagem simples que levasse a resultados positivos e efetivos.

Objetivou-se também fazer um levantamento inicial do nível de Aprendizagem de Bioquímica dos alunos do curso, tentando-se estabelecer possíveis vínculos de aprendizagem entre o nível de Literacia Visual e o nível de Aprendizagem Bioquímica.

## II) PROCEDIMENTOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

É de conhecimento da responsável por essa pesquisa que a organização textual de trabalhos *stricto sensu* geralmente seguem uma ordem padrão de apresentação das diferentes seções, apresentando os Procedimentos separadamente. Porém, em função de particularidades do trabalho aqui exposto, optou-se por fazer uma forma de organização textual alternativa, visando uma melhor compreensão por parte dos leitores.

### II.1) Aplicação do Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual

A aplicação do Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual (QLV) foi realizada na Universidade Federal de São João Del-Rei (UFSJ), *Campus* Centro-Oeste, na cidade de Divinópolis, Minas Gerais, Brasil, no período de 2010 a 2013. O curso de Graduação escolhido foi o Bacharelado em Bioquímica, criado em 2008. O curso é integral e funciona em regime semestral com 8 semestres letivos (totalizando 4 anos), e recebe em cada início de semestre 50 alunos, totalizando em torno de 400 alunos.

A pesquisa desenvolvida na Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ) foi devidamente autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFSJ (parecer CEPES/CCO 005/2011 de 07/11/2011) (**ANEXO 4**).

Foram aplicados um total de 530 Questionários, no início de quatro semestres letivos distintos, em uma amostra que compreendeu alunos que estavam em diferentes etapas do curso (do primeiro ao último período).

Em cada aplicação os alunos não tiveram contato com o gabarito do Questionário. Também não foram sanadas dúvidas sobre as questões, para minimizar ao máximo possíveis interferências. O Questionário não foi divulgado e nem disponibilizado para

professores atuantes no curso, objetivando-se assim não influenciar os processos didático-pedagógicos em andamento durante os semestres letivos.

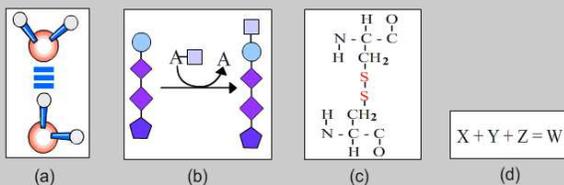
O Questionário foi impresso e aplicado em cada sala de aula correspondente a diferentes etapas do curso (períodos letivos distintos) pela própria responsável por esta pesquisa, possibilitando assim uma melhor instrução do processo, e visando minimizar ao máximo a interferência de possíveis variáveis. Na **Figura 1** tem-se as questões que constituíram o QLV (a versão impressa encontra-se no **ANEXO 1**). Na **Figura 2** tem-se o diagrama das etapas desta pesquisa.

No **Quadro 1** apresenta-se as seis (6) habilidades visuais analisadas a partir da aplicação do QLV (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013).

**Quadro 1** – Habilidades visuais para a compreensão de Vias Metabólicas (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013).

<b>Habilidades Visuais</b>	<b>Descrição</b>
(H1) Identificar reações químicas.	Identificar diferentes formas de representação de reações químicas; diferenciar representações de reações químicas reversíveis e irreversíveis.
(H2) Identificar substratos e produtos que participam de reações químicas.	Identificar diferentes formas de representação de substratos e produtos em reações químicas; identificar substratos e produtos de acordo com a reversibilidade e irreversibilidade das reações.
(H3) Identificar tipos de reações químicas de uma via metabólica.	Identificar etapas de uma via metabólica e reconhecer representações de reações de fosforilação, isomerização, óxido-redução, descarboxilação, hidratação, desidratação; reconhecer reações de clivagem ou síntese a partir do número de átomos de carbono dos reagentes e produtos das vias.
(H4) Identificar substratos consumidos e produtos finais de uma via metabólica.	Reconhecer produtos finais de uma via metabólica em condições pré-estabelecidas; identificar substratos consumidos e produtos em vias antagônicas conforme o estado metabólico; contabilizar produtos finais.
(H5) Compreensão de processos dinâmicos e integrados representados nas vias metabólicas.	Compreender representações de reações dinâmicas e sequenciais em vias oxidativas e degradativas; identificar relações de interdependência de reações em vias metabólicas; identificar reações que acontecem em situações pré-determinadas.
(H6) Compreender o mecanismo das regulações de vias metabólicas.	Identificar tipos de regulações enzimáticas encontradas em vias metabólicas; localizar produtos finais de uma via metabólica quando há inibição ou ativação de reações; compreender formas de representação de vias de sinalização celular.

Questão 1 - Qual das representações abaixo refere-se a uma reação química?

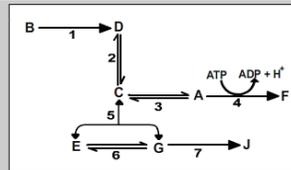


- a  b  c  d  Nenhuma das representações

CONCLUIR

(a1) Q1-H1

Questão 2 - Observe as reações químicas da via metabólica hipotética abaixo. Reações reversíveis estão sendo representadas em:

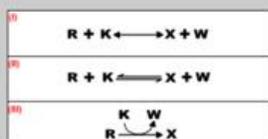


- 2, 3 e 6  
 1, 4 e 7  
 1, 4, 5 e 7  
 2, 3, 5 e 6  
 Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

(a2) Q2-H1

Questão 3 - Qual das alternativas abaixo melhor define o papel dos compostos participantes das reações químicas I, II e III?

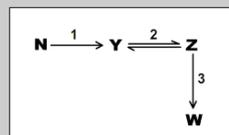


- R e K são produtos nos esquemas I, II e III  
 R é substrato e produto nos esquemas I, II e III  
 X e W são substratos nos esquemas I, II e III  
 X e W são produtos nos esquemas I, II e III  
 Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

(a3) Q3-H2

Questão 4 - Analise substratos e produtos das reações abaixo e marque a opção correta:

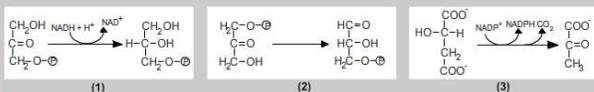


- Y é substrato das reações 1 e 2, como também produto das reações 1 e 2  
 W é substrato da reação 3  
 Z é substrato e produto da reação 3  
 N é produto da reação 1  
 Todas as alternativas estão incorretas

CONCLUIR

(a4) Q4-H2

Questão 5 - Analise as reações químicas e definições abaixo. Marque a opção correta de acordo com os esquemas:



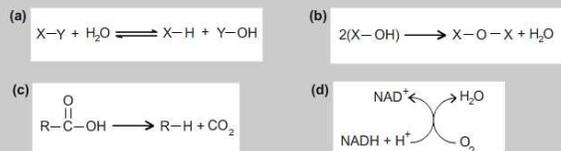
Reações: **Isomerização** = Rearranjos intramoleculares  
**Oxido-redução** = Transferência de elétrons juntamente com a transferência de  $\text{H}^+$   
**Fosforilação** = Transferência do grupo fosfato (P)

- Nas reações 1 e 2 ocorreu fosforilação  
 Nas reações 1 e 3 ocorreu oxido-redução  
 Na reação 3 ocorreu isomerização  
 Somente na reação 2 ocorreu fosforilação  
 Todas as alternativas estão incorretas

CONCLUIR

(a5) Q5-H3

Questão 6 - Os esquemas abaixo representam tipos de reações químicas. De acordo com os modelos é correto dizer que:

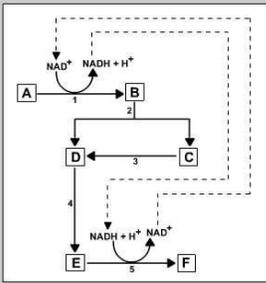


- Na reação (c) o  $\text{CO}_2$  incorpora-se ao substrato formando o produto final  
 Na reação (a) ocorreu a quebra do substrato e incorporação de grupamentos de  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$  formando o produto  
 Na reação (b) a adição de  $\text{H}_2\text{O}$  provocou a quebra do substrato  
 Na reação (d) o  $\text{NAD}^+$  é o composto inicial doador de elétrons a  $\text{H}_2\text{O}$  formando um composto reduzido, o  $\text{NADH} + \text{H}^+$ . A  $\text{H}_2\text{O}$  reduz-se a  $\text{O}_2$ , que é o receptor final de elétrons.  
 Todas as alternativas estão incorretas

CONCLUIR

(a6) Q6-H3

**Questão 7 -** Num tubo de ensaio foram adicionadas todas as enzimas necessárias para que ocorram as reações da via metabólica abaixo. Qual(is) o(s) composto(s) deve(m) ser adicionado(s) para: a) iniciar a via b) para manter a via em funcionamento

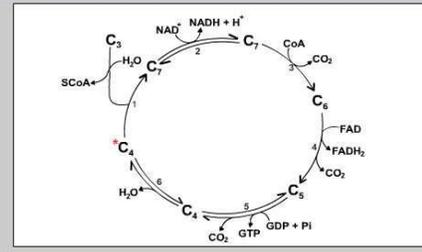


- Iniciar: Somente A  
Manter: A e NAD<sup>+</sup>
- Iniciar: A, B, C, D, E  
Manter: A, B, C, D, E, F
- Iniciar: A, NAD<sup>+</sup>, NADH + H<sup>+</sup>  
Manter: A, NAD<sup>+</sup>, NADH + H<sup>+</sup>
- Iniciar: A e NAD<sup>+</sup>  
Manter: Somente A
- Nenhuma das alternativas

CONCLUIR

(a7) Q7-H4

**Questão 8 -** O esquema representa uma via metabólica hipotética. Iniciando-se o ciclo na reação 1 com uma molécula C<sub>3</sub> e 10 moléculas C<sub>3</sub>, quantas moléculas C<sub>4</sub> haverá ao final de 10 voltas do ciclo?

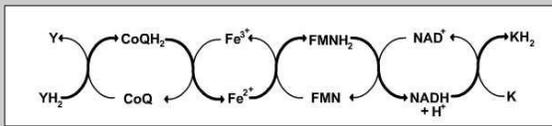


- 9
- 10
- 1
- 0
- Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

(a8) Q8-H4

**Questão 9 -** O modelo representa reações sequenciais de uma via do metabolismo oxidativo. Qual o caminho percorrido pelos elétrons do composto inicial que sofre oxidação até o composto final reduzido?

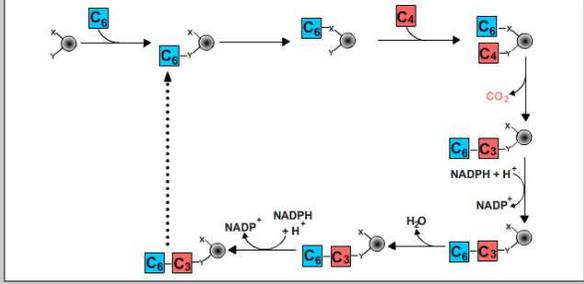


- K, NAD<sup>+</sup>, FMN, Fe<sup>3+</sup>, CoQ, Y
- Y, CoQ, Fe<sup>3+</sup>, FMN, NAD<sup>+</sup>, K
- YH<sub>2</sub>, CoQ, Fe<sup>2+</sup>, FMN, NADH + H<sup>+</sup>, K
- YH<sub>2</sub>, CoQH<sub>2</sub>, Fe<sup>2+</sup>, FMNH<sub>2</sub>, NADH + H<sup>+</sup>, KH<sub>2</sub>
- Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

(a9) Q9-H5

**Questão 10 -** O esquema hipotético representa uma via metabólica de biossíntese. Após 4 voltas do ciclo, quantos carbonos terá a molécula formada?

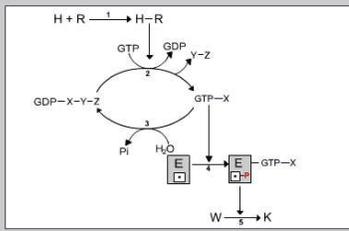


- 9 C
- 18 C
- 21 C
- 36 C
- Nenhuma das alternativas

CONCLUIR

(a10) Q10-H5

**Questão 11 -** O esquema representa uma via de sinalização celular. De acordo com os eventos apresentados é correto afirmar que:



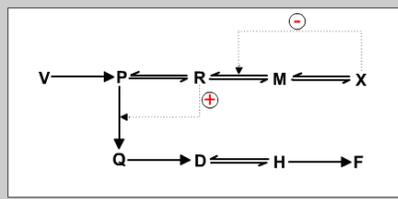
- Legenda**
- = Forma inativa da Enzima
  - = Forma ativa da Enzima
  - H = Hormônio
  - R = Receptor
  - H-R = Complexo Hormônio-Receptor
  - X-Y-Z = Subunidades de uma proteína

- Na reação 3 a ausência de H-R dissocia as subunidades Y-Z e permite a ligação GTP-X
- Na reação 2 a presença do H-R mantém unidas as subunidades X-Y-Z ao GDP
- Na reação 4 o GTP-X se liga à enzima provocando sua ativação. Estando ativada ela catalisa a reação 5 formando K a partir de W
- O GTP-X é uma enzima que catalisa a reação 4
- Todas as alternativas acima estão incorretas

CONCLUIR

(a11) Q11-H6

**Questão 12 -** O esquema representa uma via metabólica hipotética. Qual o produto final da via que tem a síntese aumentada mediante as regulações representadas?



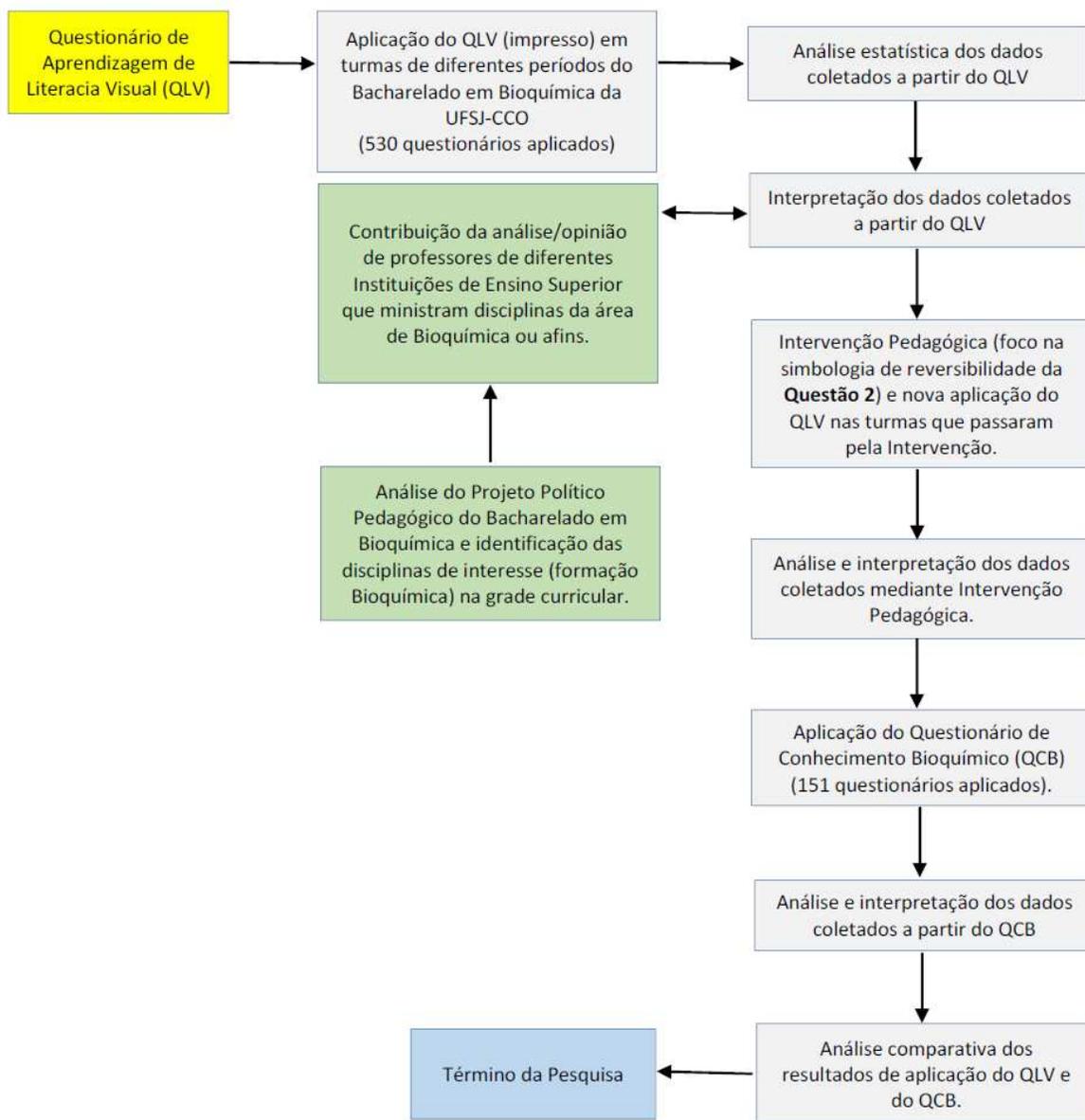
- Legenda**
- = inibe
  - = ativa

- F
- X
- V
- Q
- Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

(a12) Q12-H6

**Figura 1 –** Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual (QLV). Q1 = Questão 1 e H1 = Habilidade 1, respectivamente.



**Figura 2** – Diagrama das Etapas desenvolvidas nesta Pesquisa.

Para que a análise dos dados pudesse ocorrer da forma mais clara e sistemática possível, professores responsáveis por ministrar aulas de conteúdos bioquímicos ou afins em diferentes Instituições de Ensino Superior foram convidados a dar suas opiniões e auxiliar na análise e interpretação das Questões utilizadas no QLV. Salienta-se que o intuito de incluir a opinião de professores na pesquisa baseou-se na necessidade de fazer uso de diferentes pontos de vista na interpretação dos dados

obtidos, sendo que, de forma alguma, os referidos professores passaram por um processo de avaliação de seus conhecimentos.

O primeiro passo dado foi o acesso ao Projeto Político Pedagógico (PPP) do curso de Bioquímica, disponível no site da Instituição de Ensino<sup>1</sup>. De posse do documento, fez-se o levantamento das disciplinas com conteúdos específicos de Bioquímica (**Quadro 2**), bem como de disciplinas afins que pudessem contribuir para o desenvolvimento da Literacia Visual. Assim, professores responsáveis por ministrar conteúdos iguais ou semelhantes aos apresentados no **Quadro 2**, em diferentes Instituições de Ensino Superior, foram convidados a dar a sua contribuição na pesquisa, sendo que dentre todos os questionários respondidos, oito (8) foram selecionados para compor esta pesquisa (foram selecionados os questionários respondidos de forma mais completa).

**Quadro 2** – Disciplinas disponíveis no Projeto Político Pedagógico do Curso do Bacharelado em Bioquímica da Universidade Federal de São João Del Rei e seus respectivos períodos letivos.

<b>Disciplina</b>	<b>Período</b>
Bioquímica de Proteínas	2ºP
Bioquímica de Carboidratos	3ºP
Bioquímica de Lipídios	3ºP
Enzimologia	3ºP
Bioquímica Celular	4ºP
Bioquímica Metabólica	4ºP
Práticas em Bioquímica I	4ºP
Biologia Molecular	4ºP
Práticas em Biologia Molecular	5ºP
Práticas em Bioquímica Analítica	5ºP
Práticas em Bioquímica II	5ºP

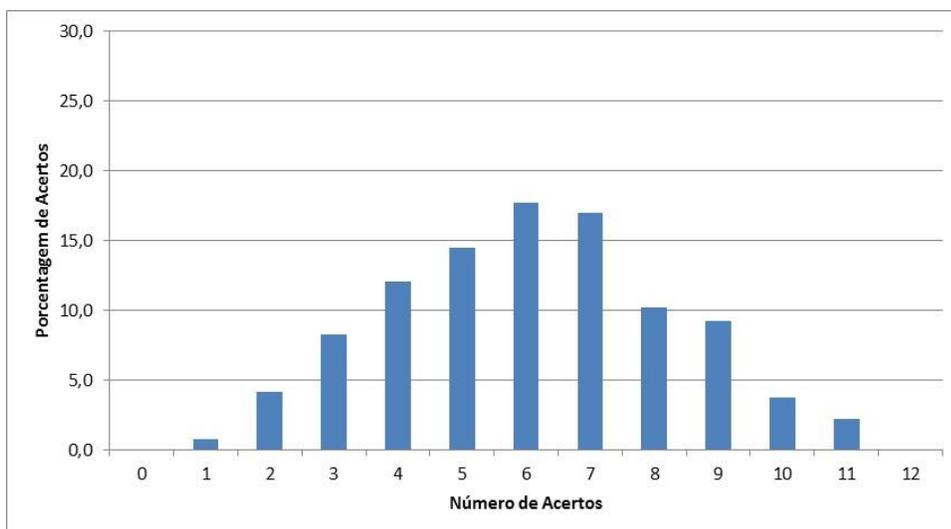
<sup>1</sup> <http://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/File/cobqi/Projeto%20Politico%20Pedagogico/Projeto%20Politico%20Pedagogico%20Bioquimica%20UFSJ%202010%20%20ALTERADO.pdf>, versão 2010, acesso em 03/07/2013.

### **II.1.1) Análise Geral de Erros e Acertos para o Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual**

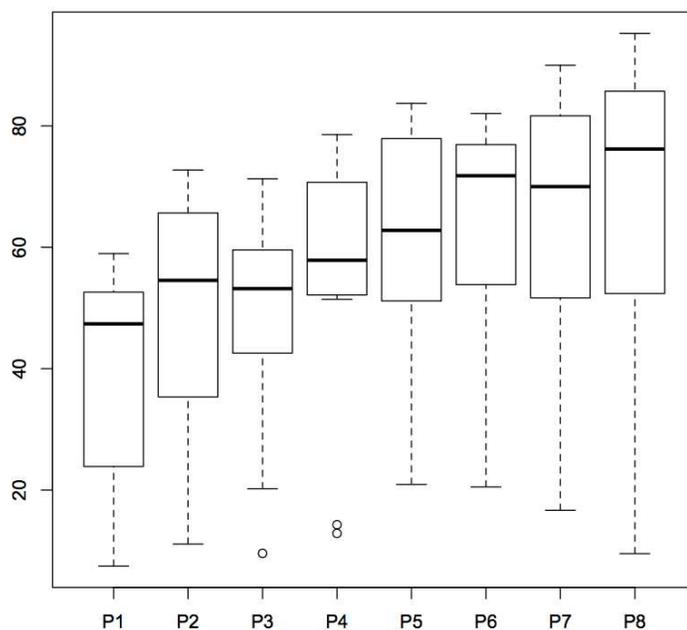
No intuito de fazer uma análise sobre a relevância e a qualidade dos dados coletados pela aplicação do Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual (QLV), foram determinadas as percentagens de acertos em função dos diferentes números de acertos, bem como o percentual da média de acertos por período, conforme mostrado na **Figura 3**.

A distribuição em forma de sino mostrada na **Figura 3a** é consistente com um quadro de aprendizagem em que se espera que os discentes tenham diferentes níveis de formação intelectual e visual à medida que entram em contato com conteúdos mais avançados e diferenciados no transcorrer do curso de Graduação. Além disso, tem-se na **Figura 3b** a confirmação de que a média de acertos do QLV variou de forma crescente à medida que os alunos foram avançando no curso de graduação.

Verificou-se que 60% dos alunos acertaram 6 ou mais questões (ou seja, acertaram mais de 50% do Questionário), o que indicou que os sujeitos da pesquisa apresentaram um nível de aprendizagem compatível com o nível de dificuldade do QLV.



(a)



(b)

**Figura 3** – (a) Porcentagem de acertos em função do número de acertos. A abscissa do gráfico apresenta o número de questões que foram respondidas corretamente por uma determinada porcentagem de alunos. Com o intuito de exemplificar, pode-se dizer, de acordo com o gráfico, que aproximadamente 10% dos alunos acertaram 8 questões do QLV. (b) Distribuição percentual da média de acertos dos 8 Períodos avaliados (P = Período).



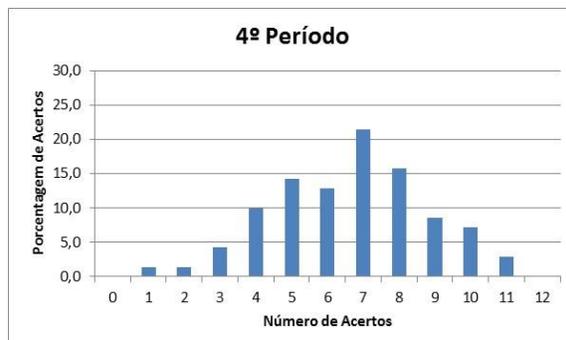
(a)



(b)



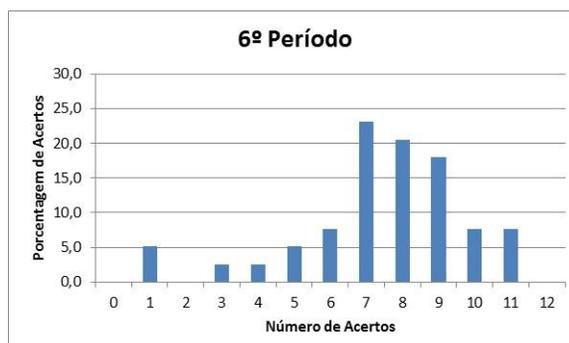
(c)



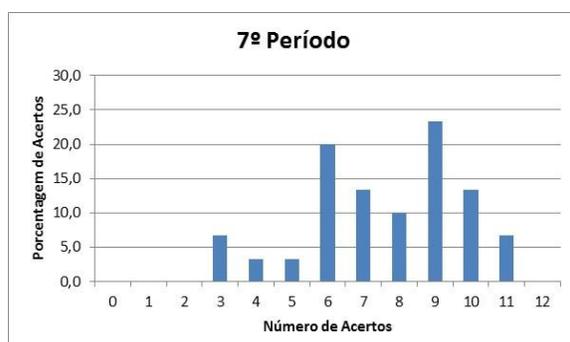
(d)



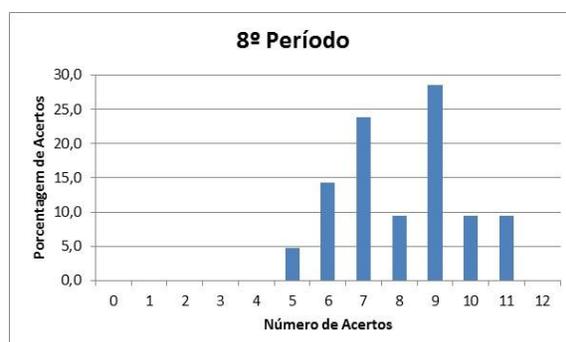
(e)



(f)



(g)



(h)

**Figura 4** – Porcentagem de acertos em função do número de acertos. Os dados apresentados demonstram o desempenho dos alunos por Período. O valor de  $n$  ( $n$  = número de alunos) em cada Período é (a) 134, (b) 99, (c) 94, (d) 70, (e) 43, (f) 39, (g) 30, (h) 21.

Com o objetivo de definir o teste estatístico que deveria ser usado para fazer as comparações entre os 8 Períodos avaliados, foi aplicado aos dados o teste de normalidade de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov). O valor de  $p$  obtido foi 0,0003036, o que significa que os dados não têm uma distribuição normal.

Os dados foram submetidos ao teste não-paramétrico Kruskal-Wallis para determinar se haviam diferenças estatisticamente significativas entre as médias de acertos dos 8 Períodos avaliados. O valor de  $p$  obtido na prova de Kruskal-Wallis foi de 0,00836, o que significa que pelo menos um dos grupos é diferente dos outros.

Para determinar quais períodos teriam diferenças entre si, foi aplicado o teste de Tukey para comparações múltiplas. Os resultados obtidos neste teste que foram considerados como tendo significância estatística apresentaram o valor de  $p$  inferior a 0,05. Dessa forma, verificou-se que a média de acertos entre o 1º e 8º Período apresenta valores estatisticamente distintos.

A partir dos dados apresentados nas **Figuras 3 e 4**, bem como dos dados estatísticos obtidos, observou-se uma distribuição de acertos consistente (**Figura 3a**), como também uma tendência no aumento do número de acertos à medida que os alunos foram passando para níveis posteriores de aprendizagem na Graduação (**Figuras 3b e 4**). A tendência citada é evidenciada pelo deslocamento de barras observado nos gráficos da **Figura 4**. Assim, a análise dos dados aqui apresentados permitiu afirmar que o Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual aplicado foi um instrumento de coleta de dados satisfatório (mesmo identificando-se a necessidade de ajustes em algumas questões, como será discutido mais adiante), podendo ser utilizado na investigação do nível de Literacia Visual, contextualizado no conteúdo de Metabolismo, de estudantes de Bioquímica.

## II.1.2) Análise de Desempenho por Habilidade

A análise de desempenho por habilidade foi realizada de acordo com as habilidades já apresentadas no **Quadro 1**.

Para discussão dos dados apresentados na sequência, fez-se uso dos parâmetros apresentados por OLIVEIRA (2010) e SANTOS e colaboradores (2013) (**Quadro 3**) quanto ao nível de dificuldade das questões que compõem o QLV, de acordo com a aplicação do Modelo de Rasch (ANDRADE, TAVARES, VALLE, 2000; BOONE, SCANTLEBURY, 2005; FOX, JONES, 1998; MONTESINOS, 2008; TRISTÁN, 2002).

**Quadro 3** – Nível de dificuldade apresentado por cada questão de acordo com especialistas/professores e com a aplicação de validação (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013).

Questão	Habilidade	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3	Discentes
Q1	H1	F	F	F	F
Q2	H1	M	M	F	MD
Q3	H2	F	F	M	*D / F
Q4	H2	F	F	F	MF
Q5	H3	M	M	F	D
Q6	H3	M	M	M	F
Q7	H4	F	M	F	D
Q8	H4	M	D	M	*F / D
Q9	H5	M	D	M	F
Q10	H5	M	M	M	MD
Q11	H6	D	D	D	*MD / F
Q12	H6	D	D	M	*MF / F

Os itens marcados com asterisco (\*) não tiveram a mesma classificação em aplicações diferentes do questionário.  
MF – muito fácil; F – fácil; M – médio; D – difícil; MD – muito difícil.

O **Quadro 4** mostra a classificação do nível de dificuldade apresentado por cada questão de acordo com os dados selecionados entre os professores que se dispuseram a contribuir com esta pesquisa.

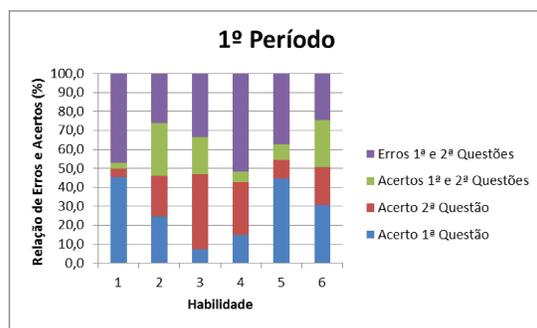
**Quadro 4** – Nível de dificuldade apresentado por cada questão de acordo com a opinião dos professores que ministram conteúdos bioquímicos ou afins, convidados e selecionados a participar desta pesquisa.

Questão	Habilidade	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	E 8
Q1	H1	D	MD	D	MF	D	MF	F	M
Q2	H1	F	F	M	MF	M	D	M	MF
Q3	H2	M	F	MD	D	F	D	F	F
Q4	H2	M	F	F	M	M	F	F	F
Q5	H3	D	F	D	M	D	F	M	M
Q6	H3	D	F	F	F	D	M	F	D
Q7	H4	F	F	MF	F	D	F	D	M
Q8	H4	M	M	MD	MD	MD	MD	M	M
Q9	H5	D	M	MD	D	M	F	D	D
Q10	H5	M	M	D	F	F	MD	D	M
Q11	H6	M	D	D	M	MD	M	D	D
Q12	H6	D	D	D	M	M	MD	F	F

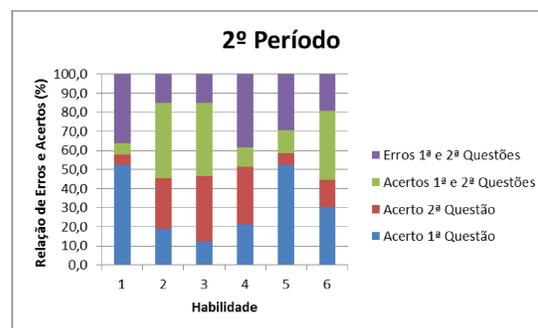
MF – muito fácil; F – fácil; M – médio; D – difícil; MD – muito difícil.  
E = Especialista/Professor

Salienta-se que nesta pesquisa fez-se uso da opinião de somente oito (8) dos professores convidados a auxiliar na interpretação dos dados. Entretanto, para a análise do grau de dificuldade das questões, fez-se uso dos resultados dos **Quadros 3** e **4**, totalizando onze (11) professores. A análise pautou-se na identificação de tendências gerais de análise.

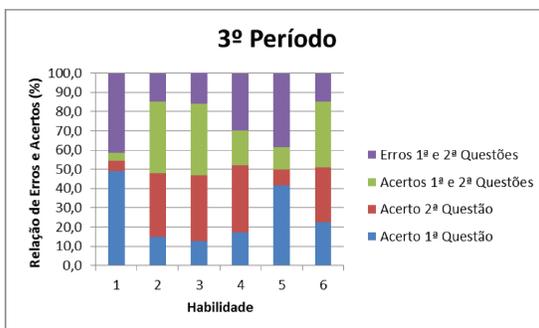
Confrontando a avaliação apresentada no **Quadro 3** (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013) com os dados expostos no **Quadro 4** pode-se notar, de um modo geral, que as diferenças na avaliação quanto ao grau de dificuldade atribuído às questões do QLV não foram acentuadas. Assim, apesar de algumas discrepâncias encontradas nos quadros quanto às opiniões do grau de dificuldade das questões, parece haver uma tendência geral em se avaliar as mesmas de forma semelhante, notando-se posturas parecidas entre os professores/especialistas que contribuíram nas duas pesquisas.



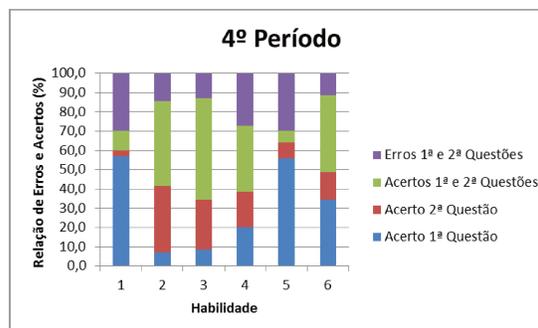
(a)



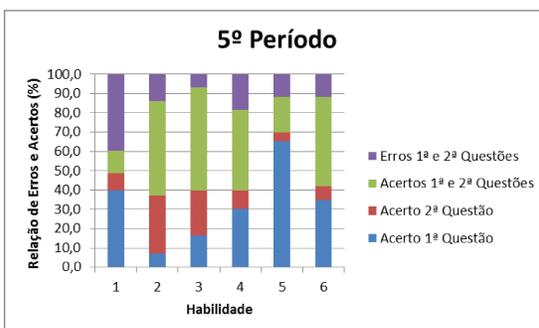
(b)



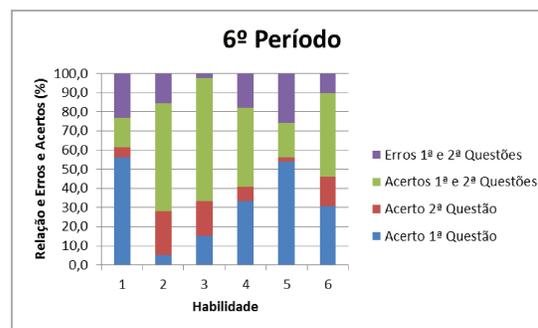
(c)



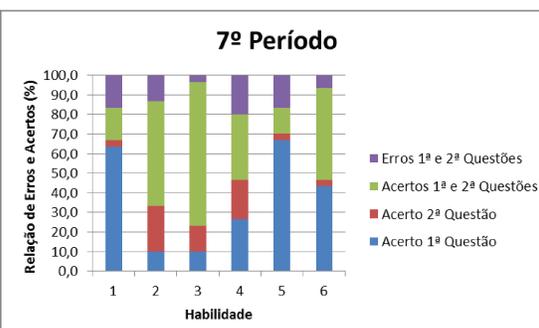
(d)



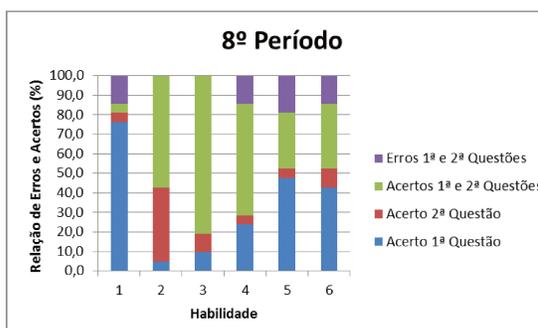
(e)



(f)

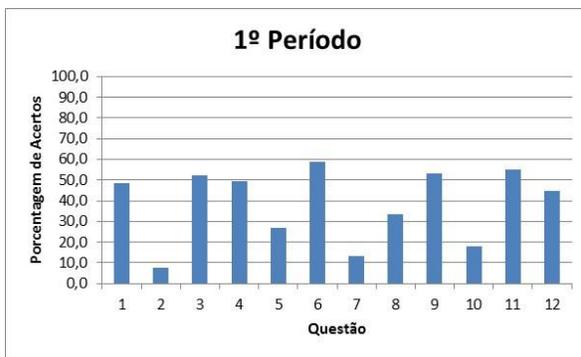


(g)

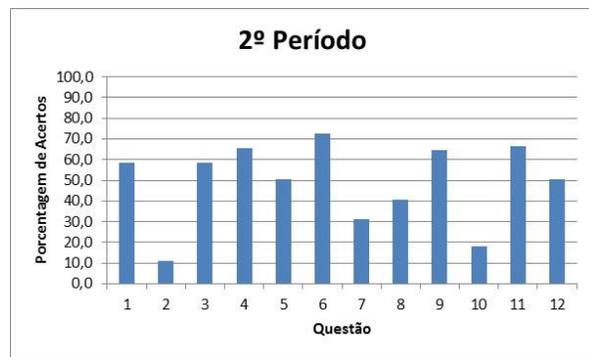


(h)

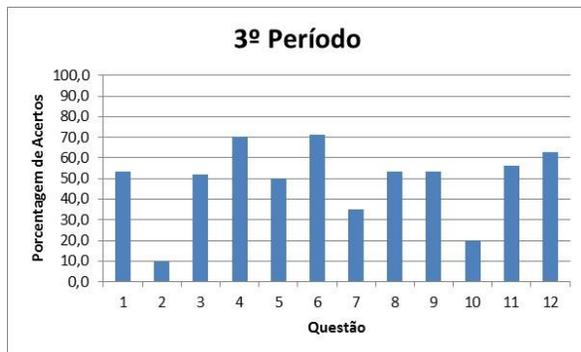
**Figura 5** – Distribuição de erros e acertos em relação à habilidade analisada. Os gráficos dispõem, de cima para baixo, a relação percentual de erros nas duas questões de cada habilidade, a relação de acertos nas duas questões, a relação de acertos somente na 2ª questão da habilidade analisada e a relação de acertos somente na 1ª questão da habilidade.



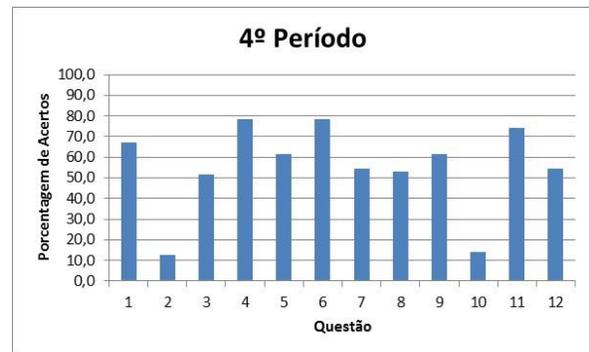
(a)



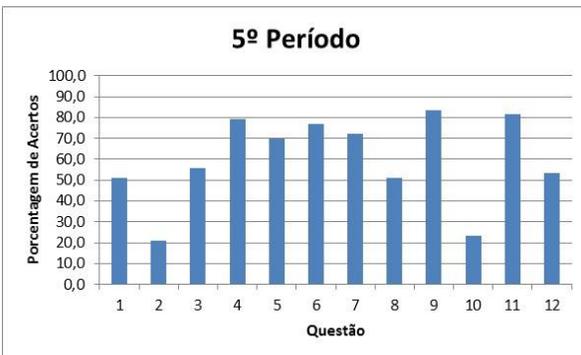
(b)



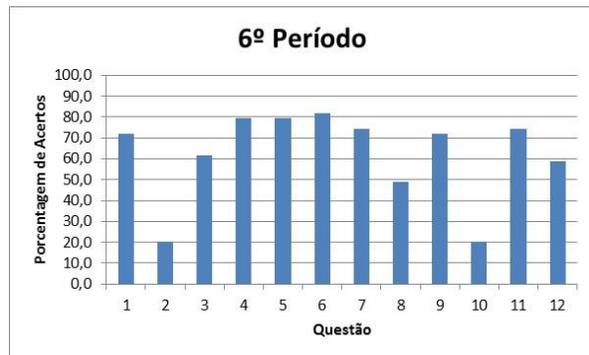
(c)



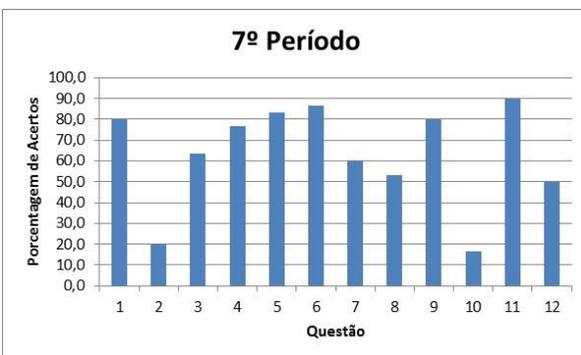
(d)



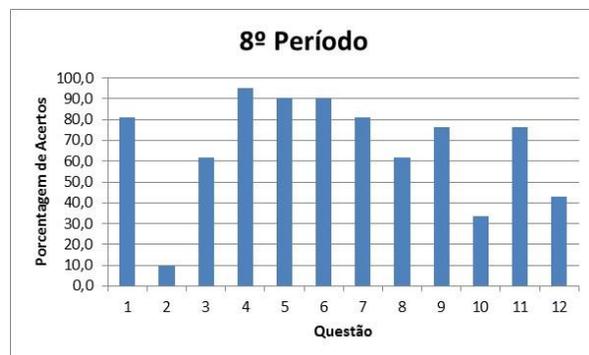
(e)



(f)



(g)

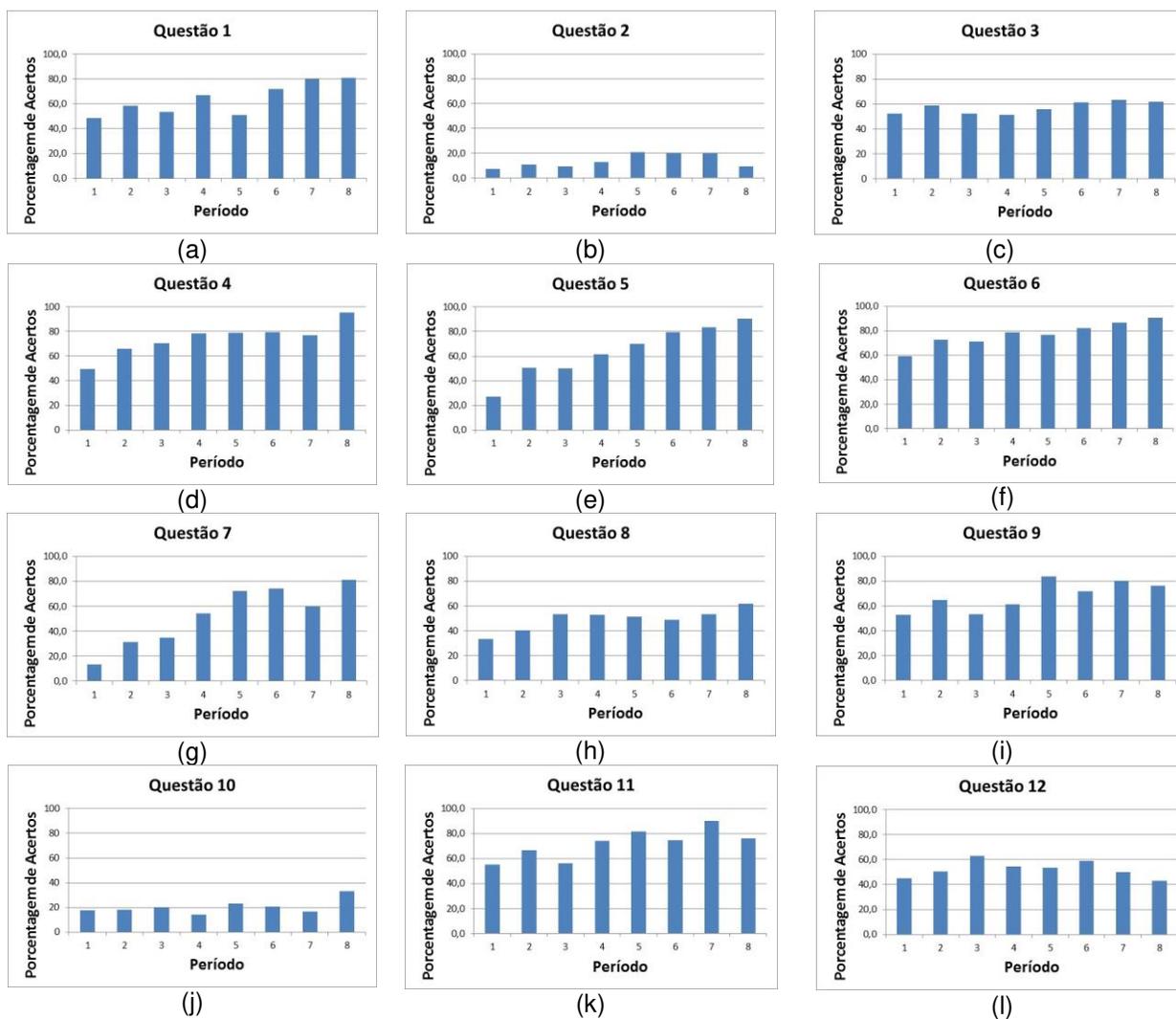


(h)

**Figura 6** – Distribuição de acertos de cada questão em relação ao período do curso.

Para a análise do nível de dificuldade das questões em relação ao desempenho dos alunos, foram utilizadas como parâmetros tanto as porcentagens de acertos obtidas nas questões, quanto as tendências dos gráficos apresentados na **Figura 7**. Logo: MF (81 a 100%), F (61 a 80%), M (41 a 60%), D (21 a 40%) e MD (0 a 20%).

Os dados apresentados nas **Figuras 5, 6 e 7** permitem analisar o desempenho discente por habilidade avaliada, bem como pelos diferentes níveis de dificuldade das questões usadas para avaliar uma mesma habilidade. Para facilitar a visualização e a análise dos dados, construiu-se os gráficos apresentados na sequência.



**Figura 7** - Distribuição de porcentagem de acertos de cada período do curso em relação à questão do QLV.

Os dados apresentados nas **Figuras 5, 6 e 7**, bem como os dados sobre as alternativas marcadas em cada questão apresentados na sequência, deram suporte para a continuidade da análise dos dados para cada questão, buscando-se identificar padrões de erros que pudessem levar a indicações didático-pedagógicas pertinentes.

### II.1.2.1) Habilidade 1

#### II.1.2.1.1) Questão 1

Questão 1. Qual das representações abaixo refere-se a uma reação química?

(a) (b) (c) (d)

a  b  c  d  Nenhuma das representações

CONCLUIR

**Figura 1(a1)**

Ao analisar-se os resultados referentes à **Questão 1 (Figura 7a)** pode-se verificar uma tendência geral de aumento do número de acertos da questão com o passar dos períodos (48,5 a 81,0%). O referido aumento pode indicar um amadurecimento quanto à interpretação visual dos símbolos e da forma comumente utilizada na representação de uma reação química. Os alunos interpretaram corretamente a conservação de matéria (massa) demonstrada no sistema. Quanto à participação dos elementos sobre a seta como reagentes e produtos do sistema apresentado, inferiu-se primeiramente que os alunos teriam feito a constatação do fenômeno, porém, os resultados obtidos na

**Questão 3** (que serão apresentados mais adiante), lançaram dúvidas sobre essa análise.

A escolha do item d como a alternativa correta demonstrou que vários alunos interpretaram a soma matemática utilizada como um símbolo químico. O sinal de igualdade da equação matemática foi analisado como sendo equivalente ao sinal de transformação ( $\rightarrow$ ,  $\rightleftharpoons$  ou  $\leftleftarrows$ ) de uma equação química. Essa interpretação chamou a atenção para um fato de extrema importância com relação a esta questão: ela precisará ser reformulada!

De acordo com a IUPAC<sup>2</sup> (LAIDLER, 1981), o sinal de igualdade pode ser usado na escrita de equações químicas, sendo geralmente utilizado em situações onde há interesse no equilíbrio da reação. Assim, os alunos se depararam com uma situação em que a questão exibia duas alternativas corretas, tendo-se que optar por somente uma.

Em um caso como esse (uma questão com problema estrutural) não se pode analisar a questão de forma conclusiva, porém, a escolha de vários alunos pelo item d ao invés do b despertou interesse.

Inferiu-se que esse fato pode evidenciar que vários alunos estejam mais familiarizados com linguagens menos pictóricas no que se refere à representação de reações químicas, levando-se a refletir sobre as possíveis dificuldades enfrentadas pelos alunos ao analisarem fenômenos bioquímicos, uma vez que as representações dos livros didáticos de Bioquímica tendem a acontecer de forma mais esquemática e pictórica.

Ao fazer uso da contribuição dos professores convidados, constatou-se que pelo menos dois (2) professores interpretaram a representação d como uma reação química,

---

<sup>2</sup> International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). A tradução em Língua Portuguesa é União Internacional de Química Pura e Aplicada.

não identificando-se na postura dos demais professores familiaridade com o uso do símbolo de igualdade como sinônimo de transformação. Esse é um dado importante de análise, pois, como disseminadores de informações e interpretações, os professores, de um modo geral, transmitem os conceitos de acordo com suas próprias interpretações dos mesmos.

Salienta-se mais uma vez que os professores que participaram da pesquisa não passaram por nenhum tipo de avaliação, contribuindo somente para clarificar a interpretação dos dados obtidos.

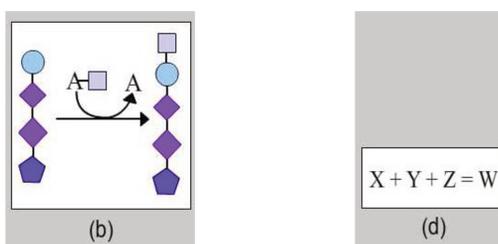
Buscou-se identificar a área de formação básica dos professores que interpretaram a representação  $\underline{d}$  como correta, para tentar obter indícios da origem da interpretação verificada, e constatou-se que os dois professores não têm formação básica na área de Química. Esse dado foi interpretado como extremamente relevante, pois a identificação do símbolo de igualdade como uma transformação parece não estar ligado há uma área específica de formação, mas sim, ao tipo/qualidade de informação ao qual os professores tiveram acesso em suas formações.

Aparentemente, ou os professores tiveram acesso à informação por uma experiência pessoal (leitura de textos com a informação pertinente), ou tiveram contato com professores específicos que difundiram essa informação durante suas formações universitárias. Porém, nenhuma afirmativa nesse sentido pode ser articulada, uma vez que para tanto, ter-se-ia que fazer uma investigação mais aprofundada sobre o assunto.

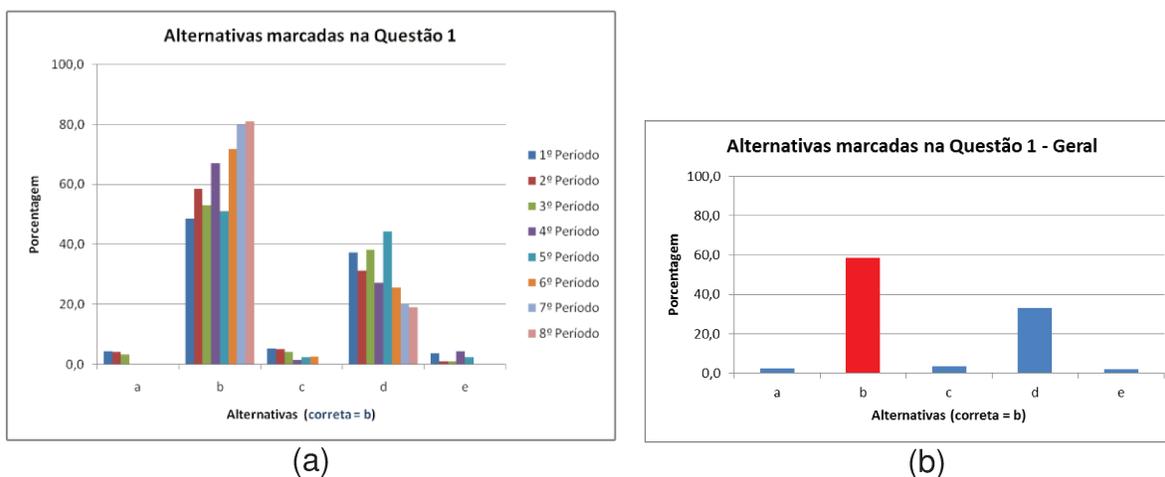
Como sugestão para sanar o problema detectado, pode-se reformular a **Questão 1** de duas formas: a) trocando a representação  $\underline{d}$  por outra conveniente, ou b) reformulando as alternativas da questão de forma que os alunos possam escolher aquela que incluía as representações  $\underline{b}$  e  $\underline{d}$  como corretas, salientando-se que nesse

caso específico, seria interessante manter a possibilidade dos alunos escolherem somente a representação b ou somente a d, para que a análise da escolha possa ser mais conclusiva.

De acordo com o desempenho dos alunos, pode-se inferir que essa questão apresentou grau de dificuldade de fácil a médio, acentuando-se o grau fácil, o que pode ser interpretado como condizente com o resultado obtido em estudo anterior (**Quadro 3**) (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013). Levando em consideração a análise geral da contribuição dos onze (11) professores que avaliaram as questões, sete (7) opiniões estão de acordo com o resultado dos discentes.



**Figura 8** – Opções prevalentemente marcadas na Questão 1.



**Figura 9** – Gráfico das alternativas marcadas na Questão 1 (a) por período e (b) em relação à média geral.

## II.1.2.1.2) Questão 2

**Questão 2** - Observe as reações químicas da via metabólica hipotética abaixo. Reações reversíveis estão sendo representadas em:

2, 3 e 6  
 1, 4 e 7  
 1, 4, 5 e 7  
 2, 3, 5 e 6  
 Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

**Figura 1(a2)**

A análise das respostas para a **Questão 2** evidenciou um ponto interpretado como crítico neste trabalho.

A maior parte dos alunos de todos os períodos do curso interpretaram que o símbolo apresentado na etapa 5 da reação não representa uma reversibilidade. A porcentagem de acertos nessa questão foi considerada baixa (7,5 a 20,9%), e sem evidência significativa de melhora nos períodos mais avançados do curso (**Figura 7b**).

Segundo estudo anterior (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013), o símbolo proposto é utilizado por livros didáticos de Bioquímica para representar a reversibilidade de sistemas reacionais complexos, o que justificaria a baixa porcentagem de acertos nos períodos iniciais. Porém, mesmo com o passar dos períodos, os alunos demonstraram ter pouca familiaridade com o símbolo.

A interpretação desta aparente discrepância levou ao amadurecimento de alguns questionamentos. (A) Em primeiro lugar inferiu-se sobre a possibilidade dos professores, de um modo geral, não usarem a referida representação em suas aulas;

(B) além disso, pensou-se na hipótese de que os alunos estivessem tendo acesso a livros de Bioquímica que não usam essa representação.

Assim, perguntou-se aos professores que contribuíram com a pesquisa se os mesmos achavam que a referida representação poderia ser usada para representar reversibilidade, e se os mesmos faziam uso da representação apresentada nas aulas que ministravam. Além disso, perguntou-se quais livros didáticos de Bioquímica são usados pelos professores como bibliografia nas aulas, e qual seria a percepção sobre o interesse demonstrado pelos alunos em estudar por livros.

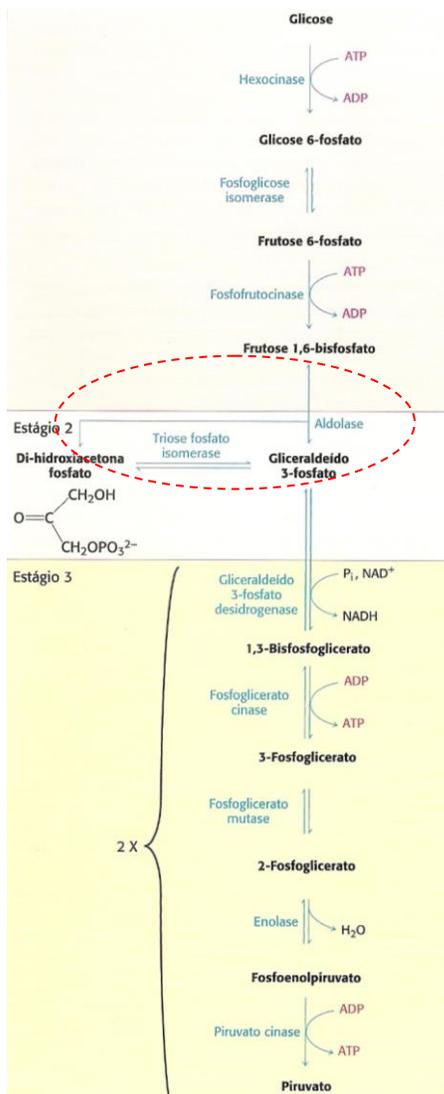
As respostas dos professores sobre a representação usada na etapa 5 demonstrou que três (3) professores consideram o símbolo como representação de reversibilidade, e dois (2) professores efetivamente fazem uso do símbolo em suas aulas.

A opinião de cinco (5) dos professores sobre a representação usada na etapa 5 foi a de que a mesma não é usualmente utilizada como representação de reversibilidade em livros didáticos, e que o ponto de interseção atrapalha o raciocínio dos alunos quanto a identificação das interações. Um (1) dos professores afirmou jamais ter visto uma reação química representada com o elemento visual em questão.

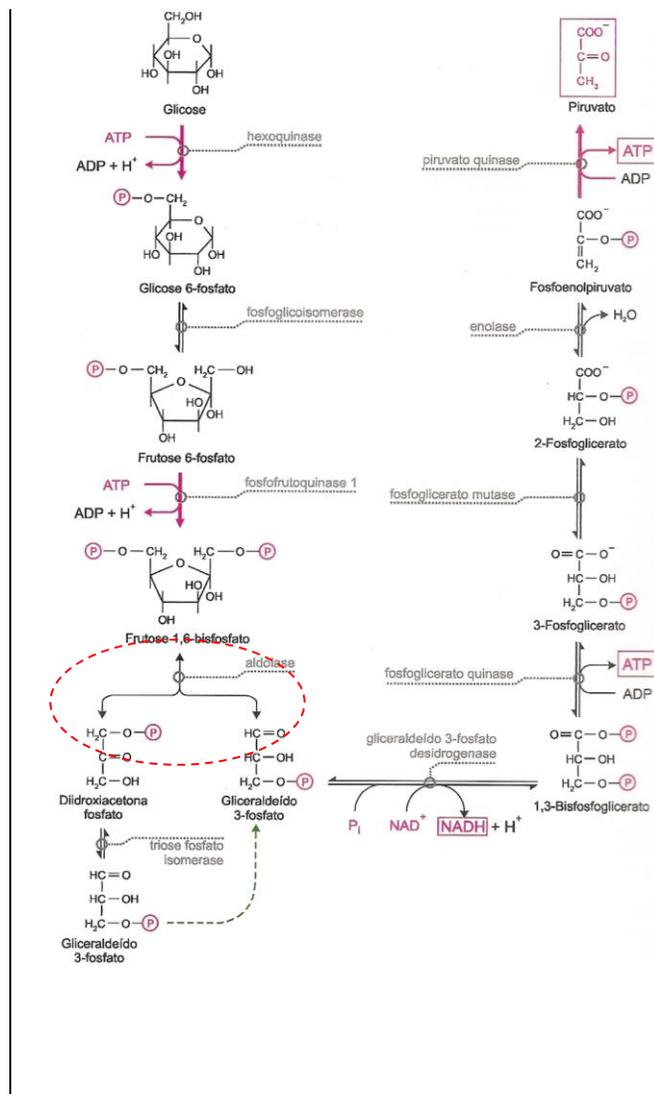
Buscou-se identificar a representação nos seguintes livros elencados pelos professores participantes da pesquisa: A) Bioquímica - Berg, J. M.; Stryer, L.; Tymoczko, J. L. (7 citações). B) Princípios de Bioquímica - Lehninger, A. L.; Nelson, D. L.; Cox, M. M. (6 citações). C) Fundamentos de Bioquímica - Voet, D.; Voet, J. G.; Pratt, C. (3 citações). D) Bioquímica Básica - Marzzoco, A.; Torres, B. B. (2 citações). E) Bioquímica - Campbell, M. K.; Farrell, S. O. (1 citação). F) Biologia Molecular da Célula - Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. (1 citação). Todos os

livros citados pelos professores das diferentes Instituições de Ensino Superior encontram-se disponíveis na Biblioteca da UFSJ-CCO.

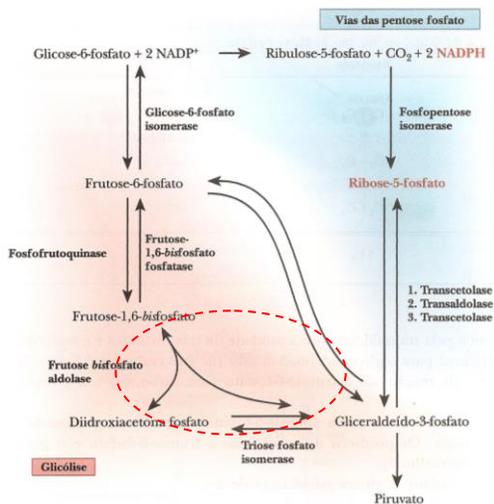
Ao analisar os livros citados, não se encontrou a representação de interesse no livro *Biologia Molecular da Célula* (5ª edição). Todos os outros livros, com conteúdo específico de Bioquímica, citados pelos professores, apresentam representação semelhante à usada na **Questão 2 (Figura 10)**.



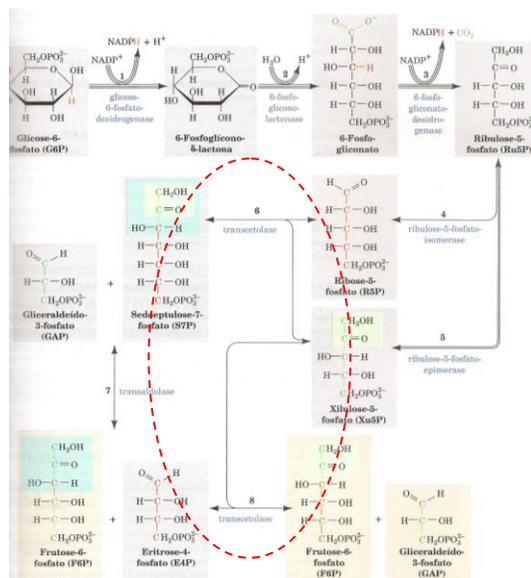
(a)



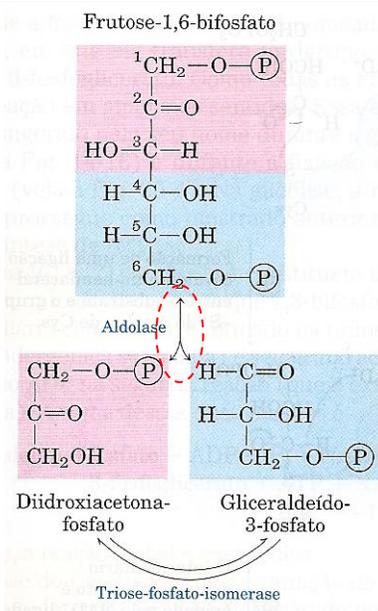
(b)



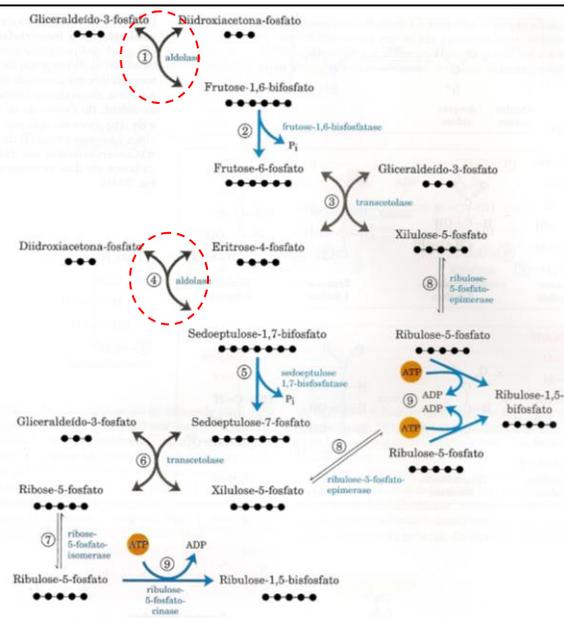
(c)



(d)



(e)



(f)

**Figura 10** – Esquemas reacionais encontrados em livros didáticos de Bioquímica disponíveis na Biblioteca da UFSJ-CCO. A linha tracejada destaca representações semelhantes à encontrada na etapa 5 da **Questão 2**. (a) Livro *Bioquímica* (BERG, TYMOCZKO, STRYER, 2010, 440); (b) Livro *Bioquímica Básica* (MARZZOCO, TORRES, 2007, 119), (c) Livro *Bioquímica* (CAMPBELL, FARRELL, 2008, 614); (d) Livro *Fundamentos de Bioquímica* (VOET, VOET, PRATT, 2008, 463); (e) e (f) Livro *Princípios de Bioquímica de Lehninger* (NELSON, COX, 2011, 535 e 781).

Quanto à percepção dos professores sobre o interesse dos alunos em estudar por livros didáticos, metade dos professores afirmou que os alunos não se interessam de forma acentuada em estudar por livros. Questionou-se então se o material de aula (arquivo de apresentação em multimídia) era alvo de interesse dos alunos, e a resposta de todos os professores para esse questionamento foi afirmativa. Metade dos professores afirmou que disponibiliza seu material de aula para os alunos estudarem.

A postura dos professores quanto ao uso da representação pode ser elencada como uma possível explicação para o fato dos alunos, de um modo geral, não associarem o símbolo da etapa 5 ao fenômeno de reversibilidade da reação química. Se os professores não usam a representação, o contato dos alunos com a mesma será, de certa forma, mais limitado.

Se os professores consideram a representação inapropriada para o uso, é possível que os alunos em contato com esses professores passem a analisá-la de forma semelhante, não a reconhecendo como um símbolo de reversibilidade de reação.

Não se pode estabelecer uma relação efetiva entre a percepção dos professores sobre os alunos não se interessarem de forma acentuada em estudar por livros, e o comportamento real dos alunos. Mas opiniões generalizadas sobre o assunto, colhidas informalmente entre professores do Ensino Superior, dão indícios de que os alunos estão apresentando uma maior dificuldade em ler e interpretar as informações disponíveis em livros didáticos de Nível Superior, levando esses mesmos alunos a pedirem a disponibilização do material didático que os professores usam em sala de aula. Mais uma vez podemos analisar que a postura dos professores quanto ao símbolo poderá influenciar a interpretação dos alunos.

Quanto ao levantamento de dados nos livros citados pelos professores, o fato de representações semelhantes terem sido encontradas nos livros não invalida o direito que os especialistas têm em discordar da forma como determinadas informações são apresentadas, mas evidencia a importância de que os mesmos chamem a atenção dos alunos para o fato de que determinadas representações são usadas, e devem ser corretamente reconhecidas e interpretadas.

Quanto ao professor que afirmou nunca ter visto o símbolo em questão, apesar do mesmo ter citado três dos livros em que a representação é usada, trabalhou-se com a hipótese de que o uso de representações visuais pode estar em segundo plano no processo didático-pedagógico do professor, o que acarretaria falta de atenção do mesmo quanto aos símbolos usados.

Assim, considera-se que se os professores não explicitarem a importância do acesso às informações por meio de bons livros didáticos, bem como não se atentarem para o uso de representações específicas da área de Bioquímica, enfatizando sua especificidade, o nível de Literacia Visual dos alunos poderá ser comprometido.

De acordo com o desempenho dos alunos, pode-se inferir que essa questão apresentou grau de dificuldade de difícil a muito difícil, o que pode ser interpretado como condizente com o resultado obtido anteriormente (**Quadro 3**) (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013). Levando em consideração a análise geral da contribuição dos onze (11) professores que avaliaram as questões, uma (1) opinião está de acordo com o resultado dos discentes.

O descompasso de interpretação sobre a representação da reversibilidade de uma reação química foi considerado um fato com potencial didático a ser trabalhado na etapa de intervenção pedagógica desta pesquisa.

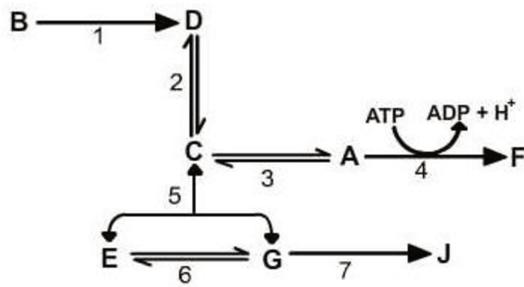
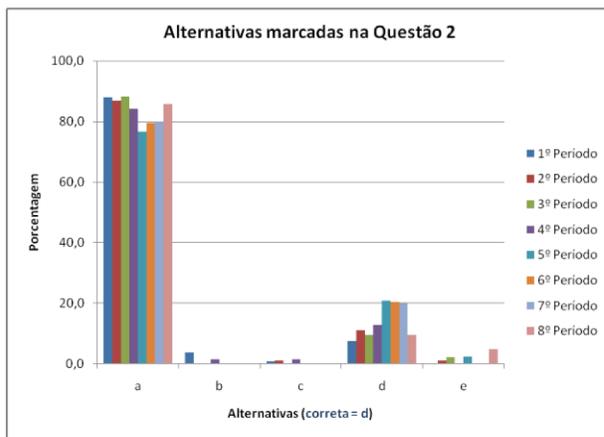
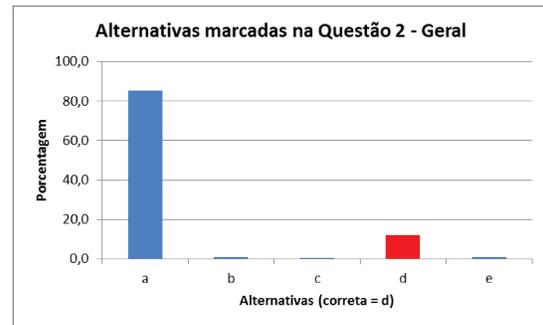


Figura 11 – Reação como foco de análise na **Questão 2**.



(a)



(b)

Figura 12 - Gráfico das alternativas marcadas na **Questão 2** (a) por período e (b) em relação à média geral.

## II.1.2.2) Habilidade 2

### II.1.2.2.1) Questão 3

**Questão 3** - Qual das alternativas abaixo melhor define o papel dos compostos participantes das reações químicas I, II e III?

I)	$R + K \rightleftharpoons X + W$
II)	$R + K \rightleftharpoons X + W$
III)	$\begin{array}{ccc} K & W & \\ & \curvearrowright & \\ R & & X \end{array}$

- R e K são produtos nos esquemas I, II e III
- R é substrato e produto nos esquemas I, II e III
- X e W são substratos nos esquemas I, II e III
- X e W são produtos nos esquemas I, II e III
- Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

Figura 1(a3)

O desempenho dos alunos em relação a **Questão 3** foi considerado satisfatório (51,4 a 63,3% de acertos, de acordo com a proposta de gabarito do QLV), porém, como pode ser verificado nas **Figuras 7c** e **15b**, essa questão não permitiu a diferenciação do nível de aprendizagem dos alunos.

Analisando de forma pormenorizada a questão, salienta-se que na mesma foi feito uso do símbolo que indica ressonância (representação  $\rightleftharpoons$ ) (MULLER, 1994). O uso desse símbolo em si não seria problemático, desde que se partisse do pressuposto de que os alunos deveriam ser capazes de identificá-lo e não usá-lo como símbolo de transformação química. Todavia, foi verificado na questão que a estruturação da mesma ocorreu de forma a interpretar o símbolo de ressonância como transformação química. Assim, a resposta correta para a questão seria a alternativa E (sublinhada na **Figura 15b**), e não a alternativa D. Logo, essa questão deverá passar por reformulação.

Como foi identificado pela responsável pela pesquisa que os alunos têm uma tendência acentuada em usar o símbolo de ressonância ( $\leftrightarrow$ ) para representar transformações químicas (seja pela falta da representação de duas setas nos softwares para digitação ou pelo uso errôneo encontrado na web, seja por erro conceitual no processo didático-pedagógico), a análise da questão foi feita com enfoques diferentes: a) em relação ao uso do símbolo em si, e b) em relação a identificação de substratos e produtos.

Em relação ao uso do símbolo, pode-se verificar que 55,3% dos alunos não foram capazes de identificar o uso errôneo do símbolo de ressonância na questão. Esse é um problema flagrante de Literacia Visual, pois implica na leitura e no uso incorreto da representação simbólica.

Esse problema no uso incorreto da representação pode ser sanado, ou minimizado, enfatizando-se o uso correto do símbolo em diferentes disciplinas em que os alunos tenham que escrever equações químicas e representações de ressonância das estruturas químicas.

Em relação a identificação dos substratos e produtos, em todos os períodos analisados, notou-se que uma parte significativa dos alunos não interpretou corretamente a identidade dos substratos e dos produtos. Ou seja, há indícios de um problema conceitual na interpretação da questão, ou seja, os alunos não compreendem de forma satisfatória o que são substratos e produtos (principalmente no que se refere ao conceito de substrato).

Assim, há a necessidade de que esses conceitos sejam melhor trabalhados pelos professores, visando um resultado mais positivo e efetivo quanto à análise correta dos processos reacionais.

Partindo-se do pressuposto de que os alunos interpretaram a seta de ressonância da representação I como transformação (sabendo-se que esse pressuposto tem como limitante a interpretação correta do símbolo de ressonância), notou-se que os componentes sobre a seta da representação III aparentemente não foram interpretados como parte efetiva do sistema, não interpretando-se corretamente a participação de K e W como reagente e produto, respectivamente.

Fazendo uso da contribuição dos professores à pesquisa, questionou-se se os mesmos acreditavam que a representação mostrada no item III traria algum problema de interpretação quanto à identidade dos reagentes e produtos. Seis (6) professores responderam que poderiam apontar possíveis motivos para os problemas de interpretação por parte dos alunos.

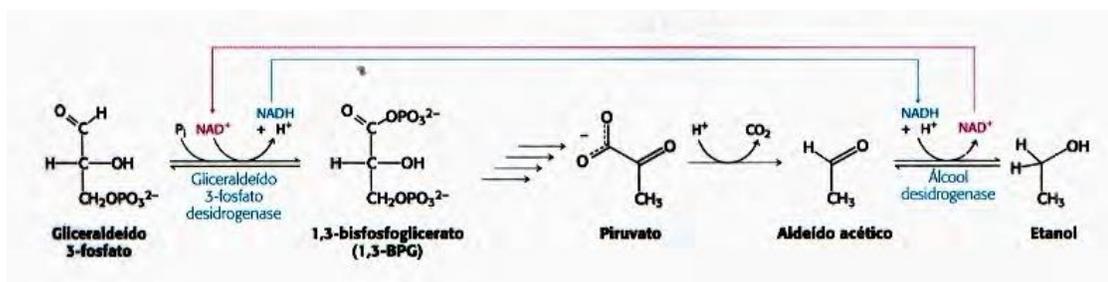
Segundo os professores, a representação não linear (sobre a seta) traria problemas de identificação. Além disso, foi levantada a hipótese de que os alunos poderiam interpretar K e W como substratos e produtos de menor interesse na via, ou cofatores.

Analisou-se que a possibilidade da representação não linear, levantada pelos professores, atrapalhar a análise da questão, pode estar correta, pois os alunos parecem ter uma tendência em analisar as equações químicas de forma menos pictórica.

Porém, mesmo que os alunos tenham interpretado K e W como substratos e produtos de menor interesse na via, isso não deveria interferir na identificação dos mesmos como reagentes e produtos.

Se levarmos em consideração que essa representação é comumente usada na Bioquímica, levantaríamos a possibilidade de que os alunos em níveis mais avançados do curso apresentariam uma porcentagem maior de acertos, o que não foi verificado.

Procurou-se nos livros didáticos indicados uma representação semelhante que ajudasse na elucidação da possível interpretação do processo pelos discentes. No livro Bioquímica (BERG, TYMOCZKO, STRYER, 2010, 451) tem-se um exemplo da participação de cofatores sobre as setas de transformação (**Figura 13**), verificando-se a regeneração do NAD<sup>+</sup>.



**Figura 13** – Exemplo de esquema reacional mostrando a participação dos cofatores (NAD<sup>+</sup> e NADH) (BERG, TYMOCZKO, STRYER, 2010, 451).

A equação global/geral de obtenção do etanol a partir da glicose (p. 450) é



onde pode-se verificar que apesar do NAD<sup>+</sup> e do NADH serem cruciais na reação, exercendo o papel de reagentes e produtos em diferentes etapas da reação, eles não aparecem na equação global da via.

Entretanto, na equação química de transformação da glicose em piruvato (p. 449), tem-se que



onde pode-se verificar que os cofatores  $\text{NAD}^+$  e  $\text{NADH}$  aparecem claramente na reação como reagentes e produtos, respectivamente.

Mesmo que as equações químicas globais das vias não expressem o papel representado pelas espécies químicas em diferentes etapas da reação, a seta curva usada nas equações químicas em contexto bioquímico (como também em reações químicas gerais que apresentam ciclos catalíticos) tem uma simbologia específica e clara, representando uma transformação.

A citação de que os alunos poderiam interpretar K e W como cofatores pode expressar um problema mais profundo, ou seja, o fato de que os alunos não compreendem que os cofatores também são substratos dos processos bioquímicos.

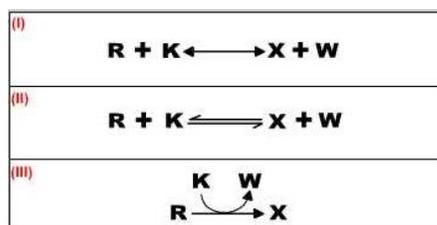
Assim, a interpretação de que K e W seriam reagentes e produtos de menor interesse no processo reacional não deveria atrapalhar a identificação dos mesmos, pois isso evidenciaria não só um problema conceitual, mas também um obstáculo epistemológico (LOPES, 1992, 1993, 1997).

De um modo geral, os alunos não devem interpretar que existam reagentes nos processos bioquímicos que possam ser analisados como de menor importância, independente desses reagentes serem cofatores ou não, pois, em contextos bioquímicos, os substratos envolvidos nos processos têm a mesma importância.

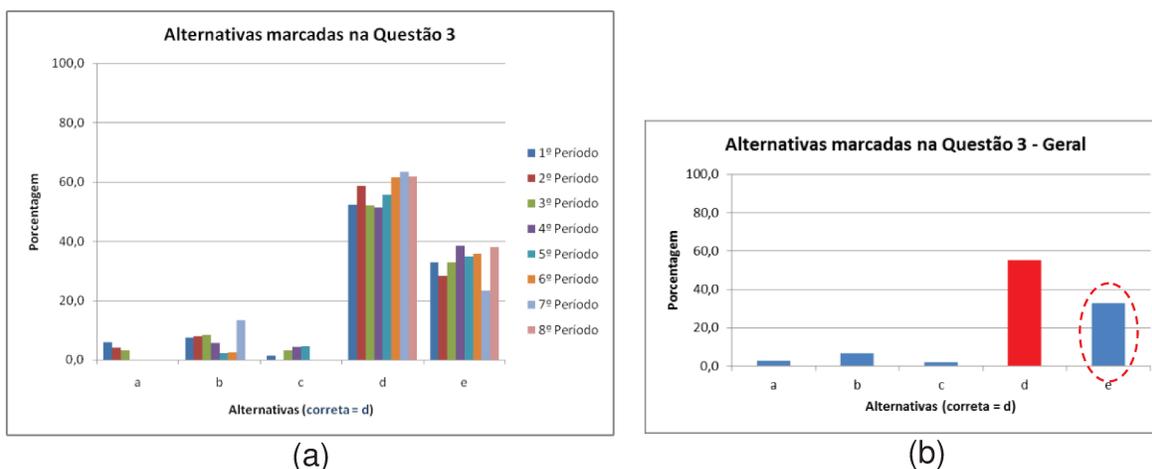
Além disso, extrapolando a discussão às interpretações pessoais, pode-se dizer que a análise sobre a importância de um substrato nos contextos reacionais depende do olhar do sujeito quanto ao processo. Se pensar-se na hipótese de que um pesquisador possa ter como interesse justamente o substrato que exerce o papel de cofator, o substrato não será encarado como um reagente secundário do processo.

Aparentemente, os erros dos alunos envolveram não só uma questão de Literacia Visual, como também um erro ocasionado por uma extrapolação conceitual contextualizada, podendo-se inferir que a leitura e a interpretação de elementos visuais dos alunos são condicionadas ao aprendizado conceitual específico de cada área do conhecimento a que os mesmos tenham contato.

De acordo com o desempenho dos alunos (levando-se em conta as extrapolações interpretativas apresentadas), pode-se inferir que essa questão apresentou grau de dificuldade de fácil a médio, acentuando-se o grau médio, o que pode ser interpretado como condizente com dados obtidos anteriormente (**Quadro 3**) (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013). Levando em consideração a análise geral da contribuição dos onze (11) professores que avaliaram as questões, oito (8) opiniões estão de acordo com o resultado dos discentes. Somente um professor atentou para o fato de que a questão poderia ter um erro estrutural.



**Figura 14** – Reações para análise na Questão 3.



**Figura 15** - Gráfico das alternativas marcadas na Questão 3 (a) por período e (b) em relação à média geral. A marcação tracejada destaca a alternativa efetivamente correta.

#### II.1.2.2.2) Questão 4

**Questão 4-** Analise substratos e produtos das reações abaixo e marque a opção correta:

$$\begin{array}{c}
 \text{N} \xrightarrow{1} \text{Y} \xrightleftharpoons{2} \text{Z} \\
 \phantom{\text{N} \xrightarrow{1} \text{Y}} \phantom{\text{Y} \xrightleftharpoons{2} \text{Z}} \downarrow 3 \\
 \phantom{\text{N} \xrightarrow{1} \text{Y}} \phantom{\text{Y} \xrightleftharpoons{2} \text{Z}} \text{W}
 \end{array}$$

- Y é substrato das reações 1 e 2, como também produto das reações 1 e 2
- W é substrato da reação 3
- Z é substrato e produto da reação 3
- N é produto da reação 1
- Todas as alternativas estão incorretas

CONCLUIR

**Figura 1 (a4)**

O desempenho dos alunos em relação a **Questão 4** foi considerado satisfatório (49,3 a 95,2% de acertos), sendo que essa questão forneceu indícios de diferenciação do nível de aprendizagem dos alunos (**Figura 7d**).

O esquema usado nessa questão pareceu favorecer a interpretação correta da mesma.

A representação mais linear (sem setas adicionais sobrepostas) e mais próxima da simbologia usada de modo geral em livros específicos de Química, parece ter influenciado o resultado de forma positiva. Mas, por outro lado, verifica-se que as alternativas de A à D apresentadas na questão podem ser interpretadas como menos plausíveis, facilitando a escolha da opção correta.

As outras alternativas marcadas, embora em pequena porcentagem, parecem indicar que os alunos não tiveram grande dificuldade em excluir a alternativa D, provavelmente por não terem maiores dúvidas sobre a identidade do reagente nesta representação. Entretanto, uma porcentagem de alunos aparentemente ainda não tinha domínio sobre o conceito de substrato, principalmente no que se refere aos alunos do 1º Período.

Questionou-se se um problema de interpretação de reversibilidade das etapas 1 e 3 poderia explicar o fato dos alunos assinalarem as alternativas A e B, porém, não há dados suficientes para se chegar a essa conclusão.

Fazendo uso da contribuição dos professores, pediu-se aos mesmos que fizessem uma diferenciação conceitual entre reagentes e substratos.

Verificou-se que três (3) dos professores definiram substrato como um reagente específico de uma reação enzimática. Três (3) afirmaram que reagentes e substratos são sinônimos ou praticamente sinônimos. Três (3) também afirmaram que reagente é um termo mais amplo, que engloba o conceito de substrato. Pelo menos quatro (4) professores afirmaram que reagentes gerais e substratos podem estar presentes em um mesmo processo bioquímico.

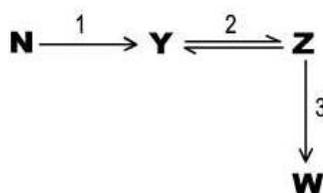
A identificação geral de substratos e reagentes como sinônimos pode trazer complicações para a interpretação de processos bioquímicos, levando os alunos a

descartarem contribuições importantes de espécies que atuam como reagentes simplesmente por que essas não atuam como substratos, constituindo-se assim um obstáculo epistemológico (LOPES, 1992, 1993, 1997).

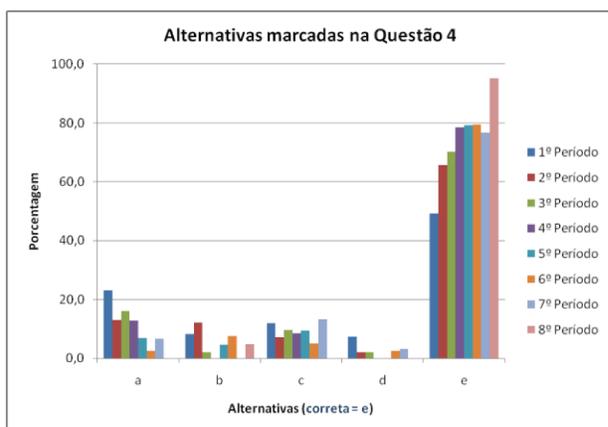
Quanto à identificação geral das espécies N, Y e Z apresentadas no esquema da **Figura 16** (o esquema foi apresentado aos professores desvinculado da respectiva questão) verificou-se que seis (6) professores identificaram N e Z como substratos. Cinco (5) identificaram Y como substrato. Pelo menos 3 impuseram a condição de que a reação fosse enzimática para que as espécies químicas pudessem ser interpretadas como substratos.

Mais uma vez salienta-se a importância de se conceituar corretamente as espécies que atuam como substratos de reações, pois não se deve perder de vista que os substratos são reagentes que se transformam mediante a ação catalítica enzimática (BERG, TYMOCZKO, STRYER, 2010, 212).

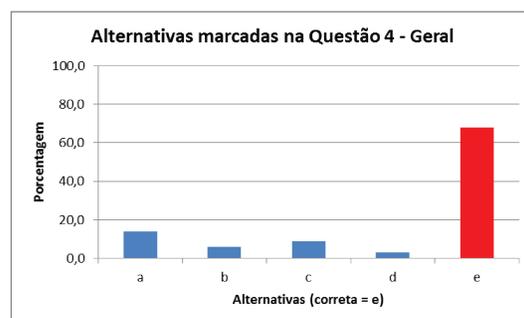
De acordo com o desempenho dos alunos, pode-se inferir que essa questão apresentou grau de dificuldade de muito fácil a médio, acentuando-se o grau fácil, o que pode ser interpretado como um resultado próximo ao obtido anteriormente (**Quadro 3**) (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013). Levando em consideração a análise geral da contribuição dos onze (11) professores que avaliaram as questões, todas as opiniões estão de acordo com o resultado dos discentes.



**Figura 16** – Esquema reacional usado na **Questão 4**.



(a)



(b)

Figura 17 – Gráfico das alternativas marcadas na **Questão 4** (a) por período e (b) em relação a média geral.

### II.1.2.3) Habilidade 3

#### II.1.2.3.1) Questão 5

**Questão 5 - Analise as reações químicas e definições abaixo. Marque a opção correta de acordo com os esquemas:**

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{P} \end{array} + \text{NADH} + \text{H}^+ \xrightarrow{\text{NAD}^+} \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{OH} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ | \\ \text{CH}_2-\text{O}-\text{P} \end{array}$$

(1)

$$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{O}-\text{P} \\ | \\ \text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{H}_2\text{C}-\text{OH} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{HC}=\text{O} \\ | \\ \text{HC}-\text{OH} \\ | \\ \text{H}_2\text{C}-\text{O}-\text{P} \end{array}$$

(2)

$$\begin{array}{c} \text{COO}^- \\ | \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{CH}_2 \\ | \\ \text{COO}^- \end{array} + \text{NADP}^+ \xrightarrow{\text{NADPH} + \text{CO}_2} \begin{array}{c} \text{COO}^- \\ | \\ \text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$

(3)

**Reações:**  
**Isomerização** = Rearranjos intramoleculares  
**Óxido-redução** = Transferência de elétrons juntamente com a transferência de  $\text{H}^+$   
**Fosforilação** = Transferência de grupamento fosfato (P)

Nas reações 1 e 2 ocorreu fosforilação  
 Nas reações 1 e 3 ocorreu óxido-redução  
 Na reação 3 ocorreu isomerização  
 Somente na reação 2 ocorreu fosforilação  
 Todas as alternativas estão incorretas

**CONCLUIR**

Figura 1(a5)

Ao analisar os resultados da **Questão 5** pode-se observar uma tendência de aumento de acerto da questão à medida que os alunos avançam no curso (26,9 a 90,5% de acertos) (**Figura 7e**).

Esse resultado pode ser analisado como condizente com o fato dos alunos amadurecerem seus conhecimentos sobre os conceitos de Isomerização, Óxido-

redução e Fosforilação à medida que avançam no curso. Entretanto, observa-se que uma porcentagem significativa dos alunos não tem domínio de conteúdo sobre os conceitos implicados na questão.

Especificamente, verifica-se que o conceito de Fosforilação não foi assimilado por uma quantidade significativa dos alunos até aproximadamente metade do curso (5º Período), pois a reação de Isomerização representada no item 2 da figura foi interpretada por vários alunos como uma fosforilação.

Questionou-se aos professores que fizeram parte da pesquisa se os mesmos abordavam em suas disciplinas os conceitos de Isomerização, Fosforilação, Oxidação e Redução, bem como a opinião sobre o desempenho dos alunos quanto ao domínio desses conceitos.

Seis (6) professores afirmaram abordar o conceito de Fosforilação. Cinco (5) afirmaram abordar os conceitos de Isomerização e Oxidação. Quatro (4) abordam o conceito de Redução, e um (1) afirmou não abordar os conceitos citados em suas aulas.

De acordo com os professores o conceito de Fosforilação é bem compreendido pelos alunos, sendo que os mesmos apresentam desempenho satisfatório no uso do conceito. Entretanto, mais de 30% dos alunos interpretaram que o rearranjo molecular ocorrido na reação química 2 foi uma Fosforilação, indicando um problema de aprendizagem sobre o qual os professores que participaram da pesquisa não estão familiarizados.

De um modo geral, os professores afirmaram que há dificuldades por parte dos alunos em compreender os processos de Óxido-redução, mas somente dois (2)

professores também apontaram problemas de compreensão em processos de Isomerização.

Apesar do aumento da porcentagem de acertos no transcorrer dos períodos, a porcentagem de alunos com possíveis dificuldades quanto aos conceitos de Fosforilação e Isomerização chamou a atenção, principalmente por se tratar de um contexto em que há uma tendência docente a interpretar que esses conceitos não apresentam maiores problemas de compreensão.

Propôs-se a hipótese de que o levantamento de um quadro diagnóstico no início dos semestres letivos pode ser extremamente válido para situar os professores sobre o nível de dificuldade apresentado pelos alunos em determinados conceitos, auxiliando determinar quais conteúdos poderiam ser mais enfatizados, sem implicar no comprometimento da abordagem dos conteúdos previstos em suas disciplinas.

Fazer uma análise dos conceitos chaves para a compreensão dos conteúdos que se pretende trabalhar em sala de aula, bem como um diagnóstico rápido do domínio de conteúdo discente quanto a esses conceitos durante o período letivo, traz benefícios didático-pedagógicos no que se refere ao planejamento teórico-metodológico das aulas que serão ministradas.

De acordo com o desempenho dos alunos, pode-se inferir que essa questão apresentou grau de dificuldade de muito fácil a difícil, mostrando-se uma questão com potencial diferenciador de aprendizagem. Não se pode concluir que o resultado seja próximo ao obtido na literatura, uma vez que no estudo anterior a mesma foi classificada como difícil (**Quadro 3**) (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013). Levando em consideração a análise geral da contribuição dos onze (11) professores que

avaliaram as questões, todas as opiniões estão de acordo com o resultado dos discentes.

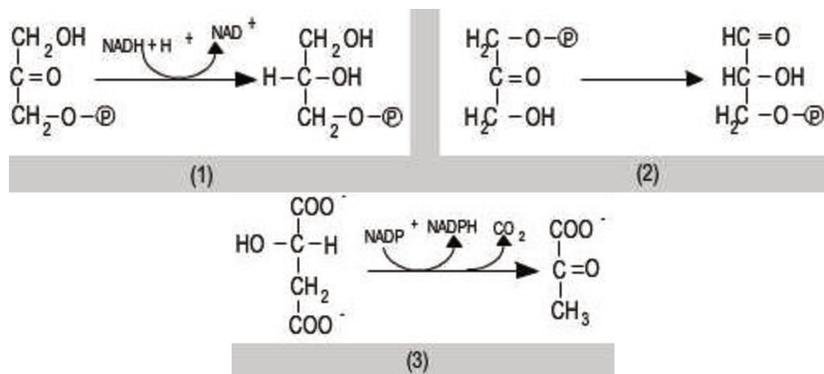
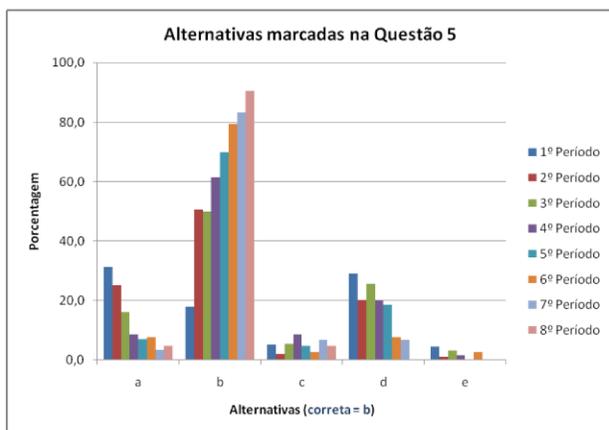
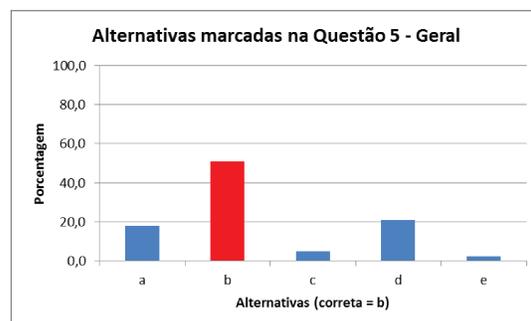


Figura 18 – Esquemas reacionais usados na **Questão 5**.



(a)



(b)

Figura 19 – Gráfico das alternativas marcadas na **Questão 5** (a) por período e (b) em relação à média geral.

### II.1.2.3.2) Questão 6

**Questão 6** - Os esquemas abaixo representam tipos de reações químicas. De acordo com os modelos é correto dizer que:

(a)  $X-Y + H_2O \rightleftharpoons X-H + Y-OH$

(b)  $2(X-OH) \longrightarrow X-O-X + H_2O$

(c)  $R-\overset{\text{O}}{\parallel}{C}-OH \longrightarrow R-H + CO_2$

(d)  $NAD^+ + H^+ + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow NADH + H_2O$

Na reação (c) o  $CO_2$  incorpora-se ao substrato formando o produto final

Na reação (a) ocorreu a quebra do substrato e incorporação de grupamentos de  $H^+$  e  $OH^-$  formando o produto

Na reação (b) a adição de  $H_2O$  provocou a quebra do substrato

Na reação (d) o  $NAD^+$  é o composto inicial doador de elétrons à  $H_2O$  formando um composto reduzido, o  $NADH + H^+$ . A  $H_2O$  reduz-se a  $O_2$ , que é o aceptor final de elétrons.

Todas as alternativas estão incorretas

CONCLUIR

**Figura 1(a6)**

A **Questão 6** também apresentou um aumento no número de acertos à medida que os alunos avançaram no curso (59,0 a 90,5%), entretanto, salienta-se a possibilidade de que os itens errados poderiam ser facilmente excluídos por apresentarem um raciocínio reacional ilógico (**Figura 7f**).

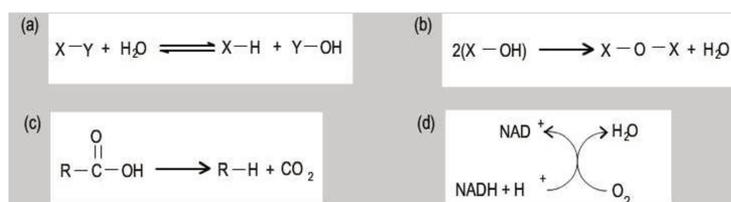
A alternativa D (a segunda mais marcada) continha em sua estrutura uma mistura de informações certas e erradas, mostrando-se mais complexa para a análise discente. Porém, o fato dos alunos terem marcado essa alternativa (mais de 10%) de forma um pouco mais acentuada, levou a refletir sobre o fato dos professores afirmarem que os alunos têm dificuldades em compreender processos de Óxido-redução.

Além disso, o item d, que permitiria, a partir de interpretação correta, excluir a alternativa D, apresenta representação pictórica (não linear), o que pode ter aumentado a dificuldade de análise do item.

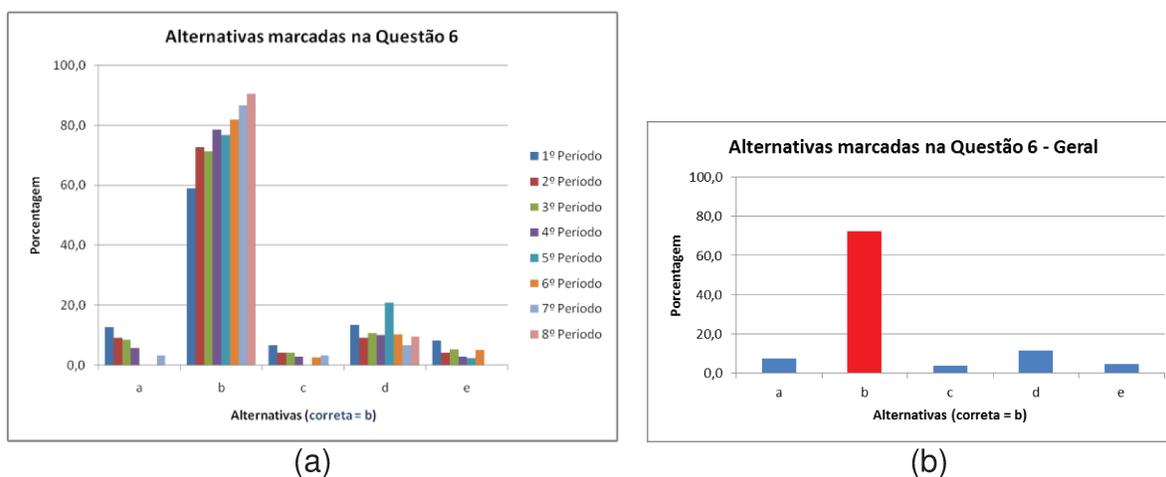
A opção pela alternativa A (a terceira mais marcada), indicou que parte dos alunos aparentemente entendem que o  $CO_2$  é um produto, mas não entendem o que significa “incorporar ao substrato”, levantando-se a hipótese da possível existência de um

problema de vocabulário (domínio da Língua Portuguesa), ou de um problema conceitual ligado ao entendimento da palavra substrato.

De acordo com o desempenho dos alunos, pode-se inferir que essa questão apresentou grau de muito fácil a fácil, acentuando-se o grau fácil, o que pode ser interpretado como condizente com o resultado obtido anteriormente (**Quadro 3**) (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013). Levando em consideração a análise geral da contribuição dos onze (11) professores que avaliaram as questões, quatro (4) opiniões estão de acordo com o resultado dos discentes.



**Figura 20** – Reações analisadas na **Questão 6**.



**Figura 21** - Gráfico das alternativas marcadas na **Questão 6** (a) por período e (b) em relação à média geral.

## II.1.2.4) Habilidade 4

### II.1.2.4.1) Questão 7

**Questão 7** - Num tubo de ensaio foram adicionadas todas as enzimas necessárias para que ocorram as reações da via metabólica abaixo. Qual(is) o(s) composto(s) deve(m) ser adicionado(s) para: a) iniciar a via b) para manter a via em funcionamento

Iniciar: Somente A  
Manter: A e NAD<sup>+</sup>

Iniciar: A, B, C, D, E  
Manter: A, B, C, D, E, F

Iniciar: A, NAD<sup>+</sup>, NADH + H<sup>+</sup>  
Manter: A, NAD<sup>+</sup>, NADH + H<sup>+</sup>

Iniciar: A e NAD<sup>+</sup>  
Manter: Somente A

Nenhuma das alternativas

CONCLUIR

Figura 1 (a7)

Nos resultados obtidos nesta questão (**Figura 7g**) pode-se observar um aumento no número de acertos à medida que os alunos avançaram no curso (13,4 a 81,0%), o que é consistente com o aumento do domínio de conteúdo sobre vias metabólicas em níveis mais avançados e, conseqüentemente, pelo maior contato com linguagens visuais específicas.

A opção de marcar a alternativa C indica ou que os alunos tiveram uma possível dificuldade com interpretação de texto, ou que o papel das diferentes espécies químicas presentes na via não está claro.

Se realmente houver uma dificuldade de interpretação do processo (ou seja, o papel das diferentes espécies químicas não está claro), mais uma vez identifica-se a possível presença de um problema conceitual influenciando a Literacia Visual.

A opção pela alternativa A demonstra que vários alunos não conseguiram distinguir de forma satisfatória o NAD<sup>+</sup> como um reagente importante para iniciar o processo (etapa 1), o que remete à discussão já desenvolvida na **Questão 3**.

Em ambos os casos de erro (alternativas C e A) verifica-se a dificuldade dos alunos em interpretar, principalmente no início do curso, as informações passadas a partir de dados menos matemáticos e mais esquemáticos. Esse dado leva à hipótese de que há uma grande prevalência de esquemas e símbolos químicos tradicionais em suas construções mentais.

Ao fazer uso da contribuição dos professores, observou-se que sete (7) professores interpretaram que o  $\text{NAD}^+$  e  $\text{NADH} + \text{H}^+$  são reagentes e produtos, e um (1) professor levantou a possibilidade dos mesmos poderem ser analisados pelos alunos como catalisadores do processo.

Os professores sugeriram que a interpretação de que as espécies mencionadas são reagentes e produtos do processo químico apresentado, poderia não ser compartilhada pelos alunos, pois, segundo os professores, os alunos têm dificuldade em fazer essa análise. Ao questionar sobre a possível origem do problema, vários professores indicaram a formação precária na Educação Básica como uma forte possibilidade.

A ideia de que a formação básica precária influencia os processos didático-pedagógicos do Ensino Superior é compartilhada pela responsável por essa pesquisa, entretanto, o esquema analisado nesta questão pressupõe a análise de uma linguagem visual que de um modo geral não é utilizada na Educação Básica. Mesmo que os alunos apresentem um baixo nível de Literacia Visual ao entrar no Ensino Superior, é

importante que os símbolos e os esquemas usados em situações específicas sejam devidamente explicados e contextualizados.

Salienta-se que ao propor-se uma abordagem mais cuidadosa quanto à explicação das linguagens visuais, principalmente em um contexto bioquímico, não há a defesa da ideia de que os professores do Ensino Superior devem trabalhar conteúdos da Educação Básica em detrimento aos conteúdos do Ensino Superior. A ideia defendida diz respeito simplesmente há necessidade de se atentar para uma postura mais cuidadosa com relação ao uso e à explicação conceitual dos símbolos.

Perguntou-se aos mesmos professores se haveria uma diferença na análise do item III da **Questão 3** e da **Questão 7** quanto à identidade dos reagentes e produtos. Muitos se sentiram surpresos ao constatar que em ambas as questões o raciocínio quanto ao processo é análogo. Segundo eles, o grande diferencial entre o item III da **Questão 3** e o esquema da **Questão 7** seria o fato de que as espécies  $\text{NAD}^+$  e  $\text{NADH} + \text{H}^+$  já são conhecidas, e que já existiria um conhecimento prévio sobre o processo bioquímico que envolve essas espécies. Nesse ponto, a análise feita pelos professores reforçou a ideia de que o domínio de elementos conceituais específicos realmente pode interferir de forma acentuada na leitura e na interpretação de elementos visuais.

De acordo com o desempenho dos alunos, pode-se inferir que essa questão apresentou grau de dificuldade de fácil a muito difícil, mostrando-se uma questão com potencial diferenciador de aprendizagem. O resultado é parcialmente semelhante ao obtido anteriormente, uma vez que no estudo anterior a mesma foi classificada como fácil (**Quadro 3**) (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013). Levando em consideração a análise geral da contribuição dos onze (11) professores que avaliaram as questões, sete (7) opiniões estão de acordo com o resultado dos discentes.

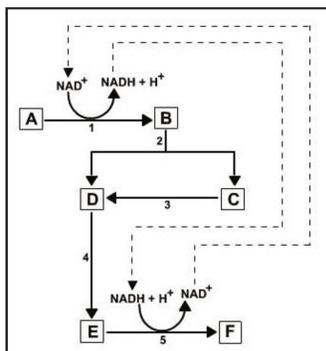
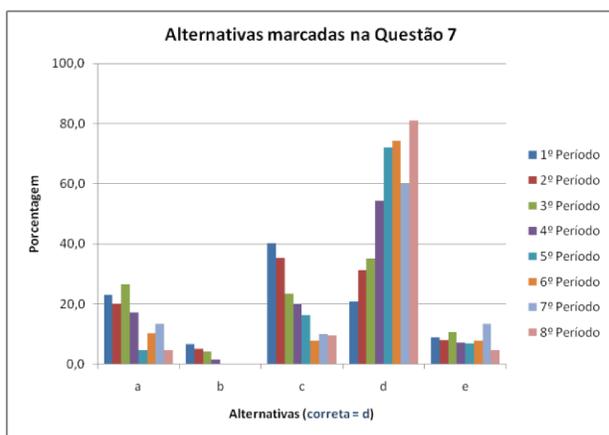
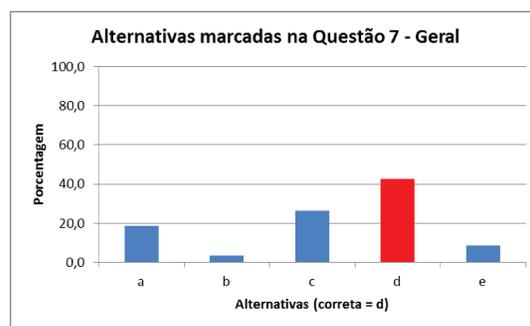


Figura 22 – Esquema para análise e interpretação da **Questão 7**.



(a)



(b)

Figura 23 – Gráfico das alternativas marcadas na **Questão 7** (a) por período e (b) em relação à média geral.

### II.1.2.4.2) Questão 8

**Questão 8** - O esquema representa uma via metabólica hipotética. Iniciando-se o ciclo na reação 1 com uma molécula  $C_4$  e 10 moléculas  $C_3$ , quantas moléculas  $C_4$  haverá ao final de 10 voltas do ciclo?

9    10    1    0    Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

Figura 1(a8)

Os resultados da **Questão 8** demonstram que o aumento no número de acertos com o passar dos períodos foi mais moderado (33,6 a 61,9%), não havendo aumento acentuado de domínio de leitura e interpretação visual com o passar do tempo.

A escolha acentuada pela alternativa **B** indica a incapacidade dos alunos em reconhecerem justamente o aspecto cíclico do processo apresentado. Não houve o reconhecimento de que a molécula  $C_4$  já faz parte do processo ao iniciar a etapa 1, continuando como parte do esquema cíclico independente do número de voltas.

Infere-se que essa questão traz indícios fortes de problemas relacionados à Literacia Visual. Além disso, o resultado é provocativo no que se refere à reflexão do impacto que os problemas relacionados à LV podem causar na aprendizagem dos processos relacionados ao Metabolismo.

Outra possibilidade levantada quanto aos resultados desta questão é o fato de que a mesma exige, além da leitura e interpretação de elementos visuais, um raciocínio lógico-matemático acentuado. A possibilidade dos alunos terem dificuldades de

interpretar processos ligados a raciocínios lógico-matemáticos apresentados nas Vias Metabólicas também foi levantada na **Questão 10**.

Trabalhar com problemas de aprendizagem que possam ter suas raízes ligadas à formação no Ensino Básico é uma situação complexa. Os professores podem fazer a proposição de exercícios que favoreçam explicações envolvendo raciocínios lógico-matemáticos com o objetivo de auxiliar os alunos, porém, o aumento da habilidade lógico-matemática dos alunos também implicará em uma boa dose de esforço próprio para corrigir possíveis distorções na formação pregressa. Desenvolver uma explanação sobre as responsabilidades por um ensino de boa qualidade na Educação Básica fugiria ao escopo deste trabalho.

De acordo com o desempenho dos alunos, pode-se inferir que essa questão apresentou grau de médio a difícil, acentuando-se o grau médio. O resultado dessa questão não foi interpretado como condizente com o já obtido (**Quadro 3**) (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013). Levando em consideração a análise geral da contribuição dos onze (11) professores que avaliaram as questões, sete (7) opiniões estão de acordo com o resultado dos discentes.

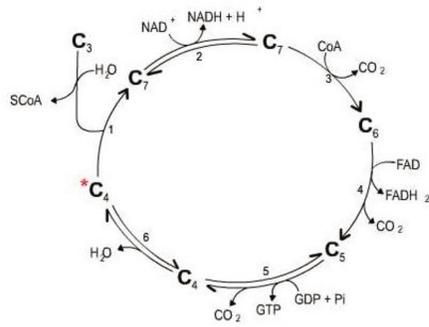
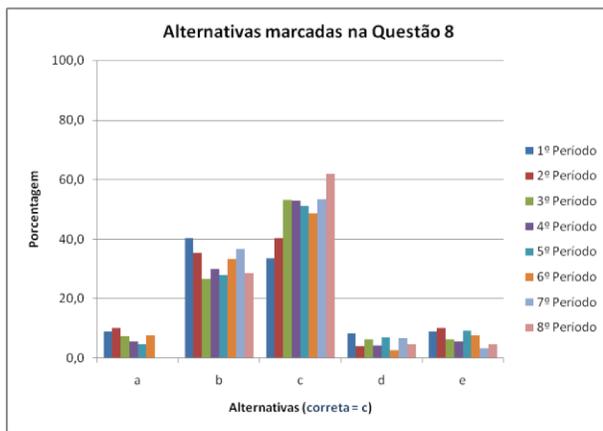
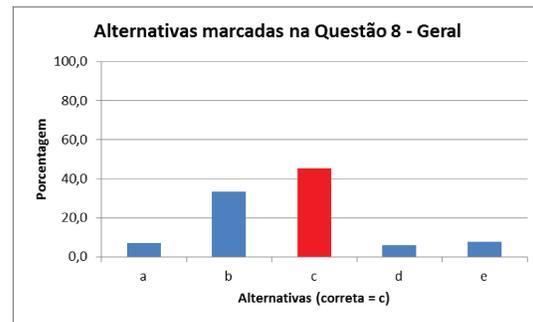


Figura 24 – Esquema cíclico analisado na **Questão 8**.



(a)



(b)

Figura 25 - Gráfico das alternativas marcadas na **Questão 8** (a) por período e (b) em relação à média geral.

## II.1.2.5) Habilidade 5

### II.1.2.5.1) Questão 9

**Questão 9** - O modelo representa reações sequenciais de uma via do metabolismo oxidativo. Qual o caminho percorrido pelos elétrons do composto inicial que sofre oxidação até o composto final reduzido?

O diagrama mostra uma cadeia de reações de transferência de elétrons. Os componentes são: Y, CoQH<sub>2</sub>, Fe<sup>3+</sup>, FMNH<sub>2</sub>, NAD<sup>+</sup>, KH<sub>2</sub> na linha superior; e YH<sub>2</sub>, CoQ, Fe<sup>2+</sup>, FMN, NADH + H<sup>+</sup>, K na linha inferior. As setas indicam a direção do fluxo de elétrons: YH<sub>2</sub> → Y, YH<sub>2</sub> → CoQ, CoQ → CoQH<sub>2</sub>, CoQH<sub>2</sub> → Fe<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup> → Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> → FMN, FMN → FMNH<sub>2</sub>, FMNH<sub>2</sub> → NAD<sup>+</sup>, NAD<sup>+</sup> → NADH + H<sup>+</sup>, NADH + H<sup>+</sup> → K, e KH<sub>2</sub> → K.

- K, NAD<sup>+</sup>, FMN, Fe<sup>3+</sup>, CoQ, Y
- Y, CoQ, Fe<sup>3+</sup>, FMN, NAD<sup>+</sup>, K
- YH<sub>2</sub>, CoQ, Fe<sup>2+</sup>, FMN, NADH + H<sup>+</sup>, K
- YH<sub>2</sub>, CoQH<sub>2</sub>, Fe<sup>2+</sup>, FMNH<sub>2</sub>, NADH + H<sup>+</sup>, KH<sub>2</sub>
- Todas as alternativas anteriores estão incorretas

CONCLUIR

Figura 1(a9)

De um modo geral, o aumento do número de acertos em períodos mais avançados foi moderado (53,0 a 83,7%), apesar desse resultado poder ser considerado satisfatório.

Cerca de 40% dos alunos demonstraram não ter domínio sobre a interpretação de processos de Óxido-redução em fenômenos bioquímicos. Essa tendência à falta de domínio do conteúdo específico já foi analisada nos resultados de questões anteriores.

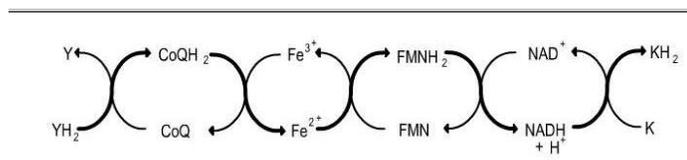
Por experiência própria da docente que conduziu a pesquisa, salienta-se que o problema de interpretação lógico-matemática sobre os conteúdos de Óxido-redução em reações químicas que envolvam análise estequiométrica reacional, já havia sido detectado, de forma específica e restrita à abordagem Química, desde o 1º Período do curso.

Levantou-se a hipótese que a complexidade estrutural, bem como a falta de conhecimento quanto à identidade das substâncias mostradas no processo podem ter

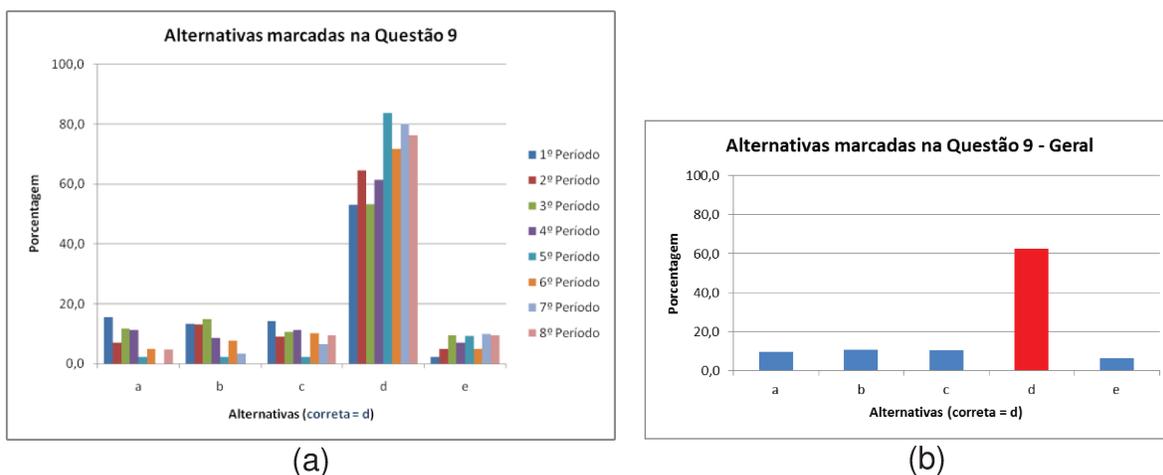
dificultado a análise discente. Porém, a análise do movimento efetuado pelas setas deveria, por si só, fornecer as informações lógico visuais para determinar o caminho percorrido pelos elétrons. Além disso, as mudanças ocorridas nas espécies químicas indicadas no esquema de transferência de elétrons fornecem a indicação sobre seus respectivos estados de oxidação.

Os dados desta questão indicam a necessidade de se dar mais atenção ao aprendizado do conteúdo de Óxido-redução, tanto em disciplinas Químicas como em Bioquímicas. A proposição de exercícios de fixação sobre o conteúdo é uma alternativa simples e pode ter um bom resultado didático-pedagógico.

De acordo com o desempenho dos alunos, pode-se inferir que essa questão apresentou grau de fácil a médio, acentuando-se o grau fácil, o que pode ser interpretado como condizente com o resultado já obtido (**Quadro 3**) (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013). Levando em consideração a análise geral da contribuição dos onze (11) professores que avaliaram as questões, cinco (5) opiniões estão de acordo com o resultado dos discentes.

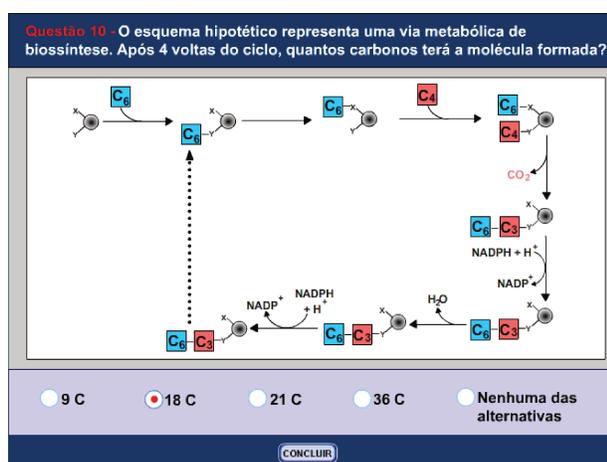


**Figura 26** – Esquema usado na **Questão 9**.



**Figura 27** – Gráfico das alternativas marcadas na **Questão 9** (a) por período e (b) em relação à média geral.

### II.1.2.5.2) Questão 10



**Figura 1(a10)**

Ao analisar os resultados obtidos para a **Questão 10**, verificou-se uma dificuldade acentuada de interpretação do fenômeno exposto em todos os períodos (14,3 a 33,3%).

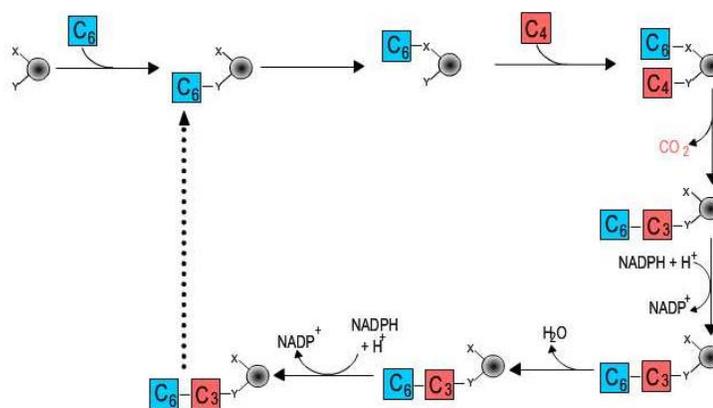
O maior número de escolhas pela alternativa A indica que aproximadamente 30% dos alunos fizeram uso de um raciocínio semelhante ao que deveria ser usado na **Questão 8**. Não se percebeu que a molécula  $C_3$  incorporada à molécula inicial passou a fazer parte do ciclo em um processo de biossíntese, e que a molécula obtida antes da

seta tracejada voltaria para o ponto inicial para passar novamente pelo ciclo e receber novas moléculas C<sub>3</sub>.

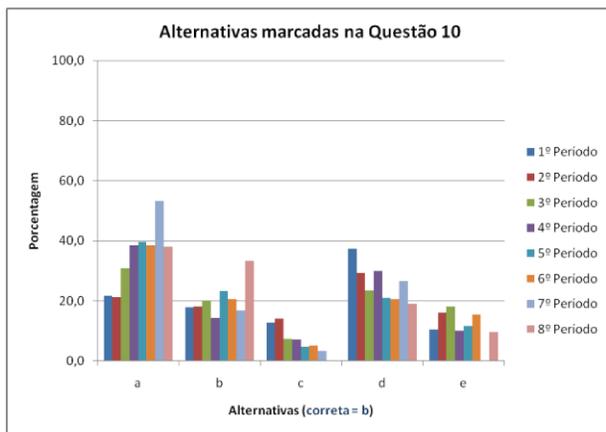
Já na alternativa D, segunda mais marcada, os alunos não conseguiram interpretar que a molécula C<sub>6</sub> foi incorporada à espécie química inicial antes de entrar no processo cíclico, e que a espécie química obtida antes da seta tracejada não incorporará novamente C<sub>6</sub> ao continuar o processo.

Essa questão também fornece um forte indício de problemas de Literacia Visual. Infere-se nesse ponto, que além do problema de LV, também pode-se verificar um problema de aprendizagem diretamente relacionado ao desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático, assim como na **Questão 8**.

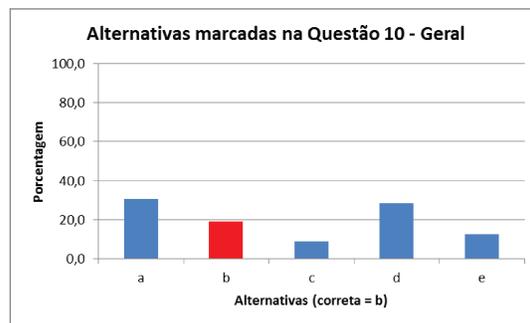
De acordo com o desempenho dos alunos, pode-se inferir que essa questão apresentou grau de difícil a muito difícil, o que pode ser interpretado como condizente com o resultado obtido anteriormente (**Quadro 3**) (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013). Levando em consideração a análise geral da contribuição dos onze (11) professores que avaliaram as questões, três (3) opiniões estão de acordo com o resultado dos discentes.



**Figura 28** – Esquema cíclico hipotético apresentado na **Questão 10**.



(a)



(b)

Figura 29 – Gráfico das alternativas marcadas na **Questão 10** (a) por período e (b) em relação à média geral.

## II.1.2.6) Habilidade 6

### II.1.2.6.1) Questão 11

**Questão 11** - O esquema representa uma via de sinalização celular. De acordo com os eventos apresentados é correto afirmar que:

**Legenda**

- $E$  = Forma inativa da Enzima
- $E$  = Forma ativa da Enzima
- H = Hormônio
- R = Receptor
- H-R = Complexo Hormônio-Receptor
- X-Y-Z = Subunidades de uma proteína

Na reação 3 a ausência de H-R dissocia as subunidades Y-Z e permite a ligação GTP-X  
 Na reação 2 a presença do H-R mantém unidas as subunidades X-Y-Z ao GDP  
 Na reação 4 o GTP-X se liga à enzima provocando sua ativação. Estando ativada ela catalisa a reação 5 formando K a partir de W  
 O GTP-X é uma enzima que catalisa a reação 4  
 Todas as alternativas acima estão incorretas

CONCLUIR

Figura 1(a11)

Analisando os resultados obtidos na **Questão 11**, observa-se que a maior parte dos alunos interpretou corretamente o fenômeno apresentado, identificando-se um

aumento no número de acertos à medida que os alunos avançaram no curso (55,2 a 90,0%).

Na alternativa D, segunda mais marcada, os alunos (principalmente em períodos menores) identificaram o GTP-X como um agente catalisador e não como um reagente, o que pode ser explicado pelo fato de que os alunos vão se familiarizando com o conceito de catálise à medida que vão avançando nos períodos.

Questionou-se aos professores que auxiliaram na pesquisa se o GTP-X poderia ser avaliado como reagente ou como catalisador no esquema apresentado. Quatro (4) professores responderam que o GTP-X seria um reagente no processo e, dois (2) professores, responderam que ele seria um catalisador. Três (3) professores afirmaram que o GTP-X é um cofator.

Um professor expressou a ideia de que a entrada de substâncias nas equações através de setas não lineares faz com que os alunos analisem essas substâncias “apenas” como cofatores, excluindo a possibilidade de que as mesmas também sejam reagentes importantes nas reações. Esse problema já foi apresentado anteriormente (**Questão 3**), com a diferença de que, neste contexto, os alunos teriam a tendência a relacionar os cofatores a um papel de catálise (o conjunto enzima + cofator efetua a catálise), sem analisar que o cofator assumiria um papel reacional (de reagente) ao ligar-se à enzima.

Em relação à análise geral de que o GTP-X é um cofator, tem-se algumas considerações. Como a questão foi proposta com o mínimo de dependência conceitual possível, poder-se-ia analisar, de forma superficial e geral, que o GTP-X possa assumir o papel geral de reagente do processo analisado, principalmente em relação aos alunos que possuem conhecimentos mínimos de Bioquímica, sem maior compreensão

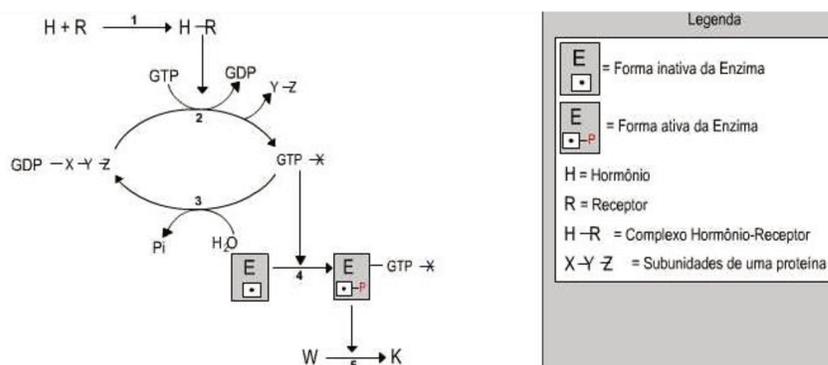
conceitual. Porém, analisar o GTP-X como um cofator traz um problema conceitual extra, pois a legenda da questão afirma que X, Y e Z são subunidades de uma proteína. Conceitualmente, cofatores/coenzimas não são proteínas (BERG, TYMOCZKO, STRYER, 2010, 213). Assim, mesmo que não haja um conhecimento mais aprofundado de que o GTP-X é um grande complexo regulatório, pode-se pensar na hipótese geral de que o mesmo assuma um papel de reagente, mas não de cofator/coenzima.

Outro professor apresentou a ideia de que a falta de atenção para com o conteúdo da legenda que acompanha o esquema poderia levar os alunos a identificarem o GTP-X como catalisador. Se o professor estiver certo, a solução para o problema é mais complexa, uma vez que traçar estratégias para evidenciar a importância de se prestar atenção nos textos didáticos é um trabalho de nível básico dentro da educação (Educação Básica), além de ser um aprendizado de ordem prática. Como resolver satisfatoriamente um problema proposto, sem atentar para os dados envolvidos no problema?

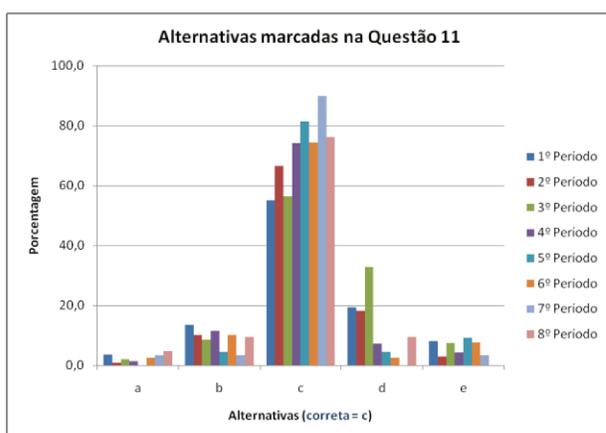
Se o problema realmente estiver ligado à apresentação da legenda, talvez seja mais plausível pensar que os alunos tiveram dificuldade de analisar as informações, seja por falta de domínio de conteúdo, seja por dificuldade de interpretação de textos, e não por terem simplesmente deixado de ler a mesma.

O fato da porcentagem de acertos ter aumentado com o passar dos períodos pode ser uma evidência de que os alunos, principalmente em períodos mais avançados, podem ter avaliado a questão de forma contextualizada, uma vez que o esquema da questão foi estruturado a partir de informações relacionadas à via de sinalização da epinefrina (adrenalina). Isso evidenciaria aspectos de domínio conceitual ligados à interpretação da questão.

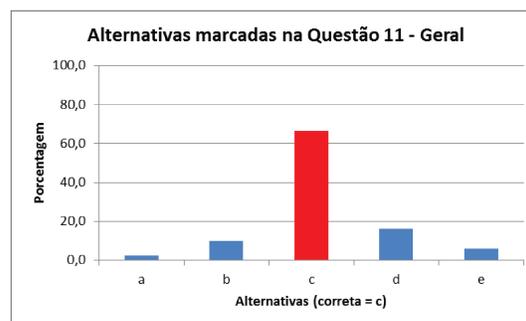
De acordo com o desempenho dos alunos, pode-se inferir que essa questão apresentou grau de muito fácil a médio, acentuando-se o grau fácil, o que pode ser interpretado como semelhante ao resultado obtido anteriormente (**Quadro 3**) (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013). Levando em consideração a análise geral da contribuição dos onze (11) professores que avaliaram as questões, três (3) opiniões estão de acordo com o resultado dos discentes.



**Figura 30** – Esquema de uma via de sinalização celular usado na **Questão 11**.



(a)



(b)

**Figura 31** – Gráfico das alternativas marcadas na **Questão 11** (a) por período e (b) em relação à média geral.

## II.1.2.6.2) Questão 12

**Questão 12:** O esquema representa uma via metabólica hipotética. Qual o produto final da via que tem a síntese aumentada mediante as regulações representadas?

**Legenda**  
○ = inibe  
⊕ = ativa

F  
 X  
 V  
 Q  
 Nenhuma das alternativas anteriores

CONCLUIR

**Figura 1(a12)**

Os resultados da **Questão 12** demonstram que à medida que os alunos avançaram no curso sua interpretação sobre a identidade de um produto final de via não apresentou desenvolvimento positivo acentuado (42,9 a 62,8%).

Aparentemente, a presença dos mecanismos de regulação causou confusão na análise do processo, levando parte dos alunos a interpretarem Q como o produto final da via.

Perguntou-se aos professores se os mesmos achavam que existia alguma explicação plausível para os alunos terem indicado Q como produto final da via hipotética. Metade dos professores respondeu que sim.

Os professores apresentaram a ideia de que os alunos têm dificuldade em interpretar esquemas com várias etapas reacionais, principalmente se houver algum tipo de regulação envolvido no processo. Segundo os professores, a presença do sinal positivo (+) associado à etapa de formação de Q pode ter levado à escolha equivocada.

Ao analisar novamente a estrutura geral da questão, amadureceu-se a hipótese de que o problema de interpretação da questão poderia estar relacionado ao enunciado da

mesma. A pergunta feita no enunciado foi “Qual o produto final da via que tem a síntese aumentada mediante as regulações representadas?”.

A parte do texto grifada na análise pode ser uma possível explicação para os alunos terem interpretado Q, e não F, como produto final. Ao escrever “da via”, pode-se ter gerado uma interpretação equivocada de que o processo apresentado no esquema teria mais de uma via.

Alunos com um maior domínio de conteúdo quanto às regulações das vias metabólicas provavelmente não teriam maiores problemas de interpretação quanto à informação de que a síntese foi aumentada mediante regulações. Entretanto, alunos com menor domínio de conteúdo podem ter relacionado a ideia de aumento da síntese, expressa no enunciado, com a seta pontilhada associada ao sinal de +, como sendo de uma via (no caso, uma via que terminaria em Q).

Uma possível proposta para a resolução do problema ao usar-se o QLV em trabalhos futuros, seria a mudança do enunciado da **Questão 12** nos seguintes termos: “O esquema representa uma via metabólica hipotética. Qual o produto final que tem sua síntese aumentada mediante as regulações representadas nesta via?”.

De acordo com o desempenho dos alunos, pode-se inferir que essa questão apresentou grau de fácil a médio, acentuando-se o grau médio. Esse resultado diferiu (MF e F) do obtido anteriormente (**Quadro 3**) (OLIVEIRA, 2010; SANTOS et al, 2013). Levando em consideração a análise geral da contribuição dos onze (11) professores que avaliaram as questões, cinco (5) opiniões estão de acordo com o resultado dos discentes.

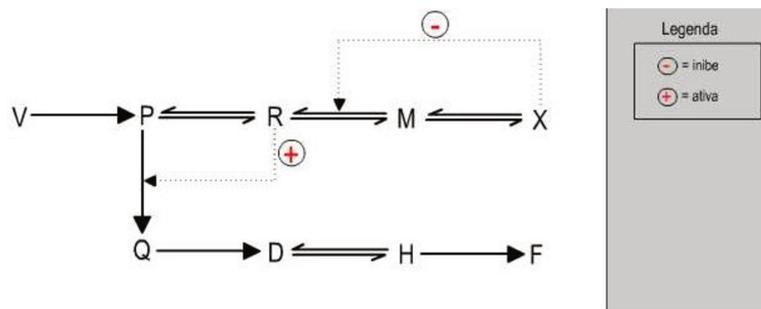
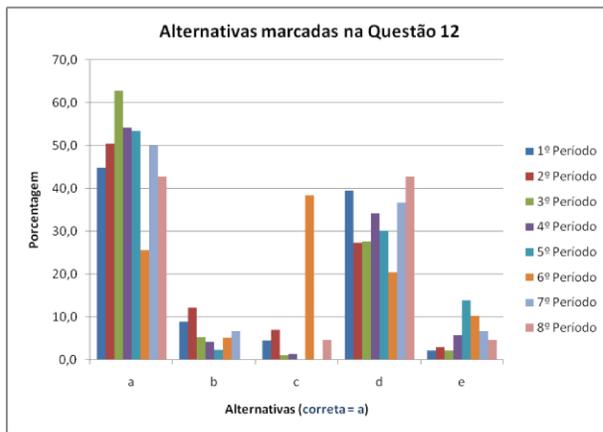
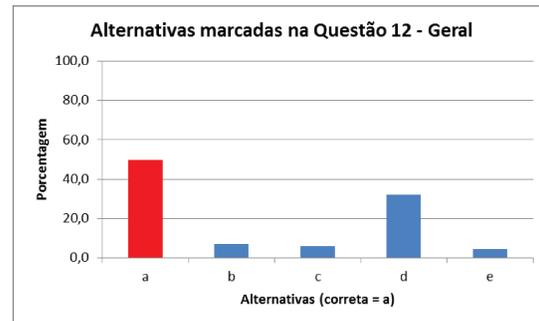


Figura 32 – Esquema de via metabólica hipotética apresentado na **Questão 12**.



(a)



(b)

Figura 33 – Gráfico das alternativas marcadas na **Questão 12** (a) por período e (b) em relação à média geral.

### II.1.2.7) Considerações sobre a análise de desempenho no QLV

Os dados obtidos na pesquisa apresentaram um quadro de grande valor informativo para reflexão e análise.

A média de acertos do 1º e do 8º Período foram 39,0% e 67,5%, respectivamente, obtendo-se assim uma diferença de 28,5%. Esses resultados podem indicar a necessidade de ajustes em termos do nível de Literacia Visual, ou seja, além da diferença no nível de LV do primeiro e do último período do curso não ser acentuada, também pode-se observar que a média de acertos do 8º Período possivelmente pode ser melhorada.

Pode-se verificar que a escala de semelhança entre o desempenho dos alunos e a opinião dos professores quanto ao nível de dificuldade das questões obedeceu a seguinte ordem:

$$Q2 < Q10 = Q11 < Q6 < Q9 = Q12 < Q1 = Q7 = Q8 < Q3 < Q4 = Q5,$$

onde analisou-se, de forma crescente, o número de opiniões docentes que corresponderam ao resultado de dificuldade indicado pelos dados dos alunos.

Verifica-se que as **Questões 2 e 10** apresentaram baixas similaridades entre a opinião dos professores e o resultado do desempenho discente. Esse resultado é considerado problemático, pois essas questões exibiram um grau de dificuldade que varia de difícil a muito difícil para os alunos. Nesse caso específico, o resultado evidencia um possível descompasso no ato didático-pedagógico, pois os alunos aparentemente estão tendo dificuldades em interpretar processos sem que os professores tenham consciência do fato. O problema é mais acentuado com relação à **Questão 2**, que apresentou uma tendência de que os professores a interpretem com um nível que varia de fácil a médio.

Como os professores não responderam às questões do QLV (pois não era nossa intenção avaliá-los) pode-se inferir, a partir das posturas dos mesmos com relação ao símbolo de reversibilidade usado na figura (**Questão 2** - etapa 5), que uma parte significativa dos professores tenderia a avaliar o símbolo como insatisfatório, e acabaria optando por marcar a alternativa A como correta (levando-se em consideração que a alternativa avaliada como correta neste trabalho é a D).

A postura dos professores quanto ao uso do símbolo específico de reversibilidade pode resultar em empolgante debate sobre o fato do uso do símbolo ser correto ou não em livros didáticos. Entretanto, o fato do símbolo em questão ser usado em livros didáticos não deve ser desprezado, mas sim evidenciado, mesmo que seja para desenvolver com os alunos um raciocínio crítico quanto ao uso do mesmo.

Quanto à **Questão 10**, pode-se verificar que a opinião sobre a mesma (nível de médio a difícil) se aproximou mais dos resultados dos alunos, embora não tenha sido considerada pelos professores tão difícil quanto para os alunos.

O problema lógico-matemático e visual evidenciado pelos resultados da **Questão 10** não é interpretado como de fácil solução. Os problemas de raciocínios ligados à área de Exatas acompanham parte significativa dos estudantes durante boa parte de suas vidas escolares, inclusive no Ensino Superior. Além disso, a ideia de que a Bioquímica esteja ligada de forma acentuada à área Biológica, e não Exata, pode ser observada no início dos semestres letivos, quando os alunos são questionados sobre suas opiniões a respeito da Graduação em Bioquímica.

Nesta pesquisa não se tem dados para fazer qualquer afirmação sobre a postura dos professores no que se refere a relação existente entre a Bioquímica e a abordagem

lógico-matemática de conteúdos específicos, mas a postura de um dos professores que contribuíram para a pesquisa deve ser analisada.

Um (1) dos professores que contribuiu com a pesquisa expressou a opinião de que as **Questões 8 e 10** (que envolvem interpretações visuais pautadas em conteúdos lógico-matemáticos) não teriam qualquer valor no aprendizado de Vias Metabólicas. Segundo o professor, os alunos devem compreender as substâncias envolvidas no processo, saber identificar como as substâncias se movimentam dentro das vias, seus nomes e funções, sendo inútil para os alunos saberem em termos de número de carbonos (números de átomos) como o processo se realiza.

A postura do professor causou estranheza, pois o conhecimento da constituição química das moléculas (número e identidade dos átomos que constituem as moléculas), bem como as conformações espaciais específicas e as forças químicas (intra e intermoleculares) são interpretadas nesta pesquisa como essenciais para a compreensão da Bioquímica de um ponto de vista conceitual e visual. Deixa-se claro a manifesta discordância quanto ao ponto de vista do professor, embora respeite-se o direito do mesmo em assumir essa postura.

As **Questões 6 e 11** também apresentaram certo descompasso entre a opinião dos professores e o resultado dos alunos, porém, essas questões mostraram-se como de fácil resolução para os discentes.

A **Questão 6** chama a atenção pelo indício de um problema relacionado ao entendimento dos processos de Óxido-redução, já detectado nas **Questões 5 e 9** (a **Questão 9** também apresentou um certo descompasso, embora menos acentuado). Já a **Questão 11** dá indício da existência de um problema conceitual ligado ao papel desempenhado pelas espécies que fazem parte do processo bioquímico. Os indícios

detectados nas duas questões têm forte relação com a aprendizagem de conteúdos de Química, podendo-se sugerir que ações didático-pedagógicas específicas nos conteúdos básicos na área de Química, assim como de Bioquímica, poderiam auxiliar em uma melhoria de aprendizagem de processos de sinalização (identificação correta do papel desempenhado pelas espécies químicas), bem como na interpretação correta dos processos reacionais.

Na **Questão 12** também identificou-se um grau de descompasso entre os resultados dos alunos e a opinião dos professores. Essa questão apresentou um grau de dificuldade acentuadamente médio para os estudantes, e se mostrou de difícil análise didático-pedagógica para os professores. Defender a ideia de que o sinal positivo (+) trouxe dificuldades de interpretação em uma questão que aborda justamente um processo de regulação celular pode levar à hipótese de que ao problema de Literacia Visual está associado a um problema lógico conceitual mais grave. Como entender as regulações metabólicas sem compreender a sinalização usada nesse contexto? Por que os alunos não entenderam essa sinalização? Pensar na hipótese de que o enunciado pode ter dificultado a correta interpretação da questão traria uma resolução mais simples para o problema, mas não mudaria o fato de que o domínio de conteúdo dos alunos, visual ou conceitual, precisa de ajuste.

Nas demais questões verificou-se que mais de seis (6) professores tiveram opiniões condizentes com os resultados dos alunos, não evidenciando problemas que possam trazer dificuldades acentuadas na condução do processo didático-pedagógico.

O diagnóstico dos problemas de LV identificados (bem como os possíveis indícios) será levado ao conhecimento dos responsáveis pela condução do curso de Bioquímica, para que os mesmos possam analisar e se posicionar em relação ao fato.

Apesar da análise ter sido pautada na contribuição de professores de diferentes Instituições de Ensino Superior, salienta-se que o diagnóstico produzido pode vir a servir de base para o replanejamento do uso das ferramentas visuais disponíveis nos materiais didáticos destinados ao Ensino de Bioquímica, bem como sinalizar para os docentes que atuam no curso analisado os possíveis pontos críticos que merecem maior atenção e reposicionamento didático-pedagógico.

As questões **Q1** e **Q3** deverão passar por reformulação para que possam ser utilizadas em trabalhos futuros, salientando-se que em ambas foi identificado o uso indevido de símbolos químicos.

Os possíveis vínculos conceituais detectados na análise das questões também indicam a necessidade de uma reflexão mais aprofundada sobre os objetivos traçados para o QLV, instigando uma discussão importante sobre a real possibilidade de se desvincular a análise da Literacia Visual contextualizada no conteúdo de Metabolismo de suas implicações conceituais.

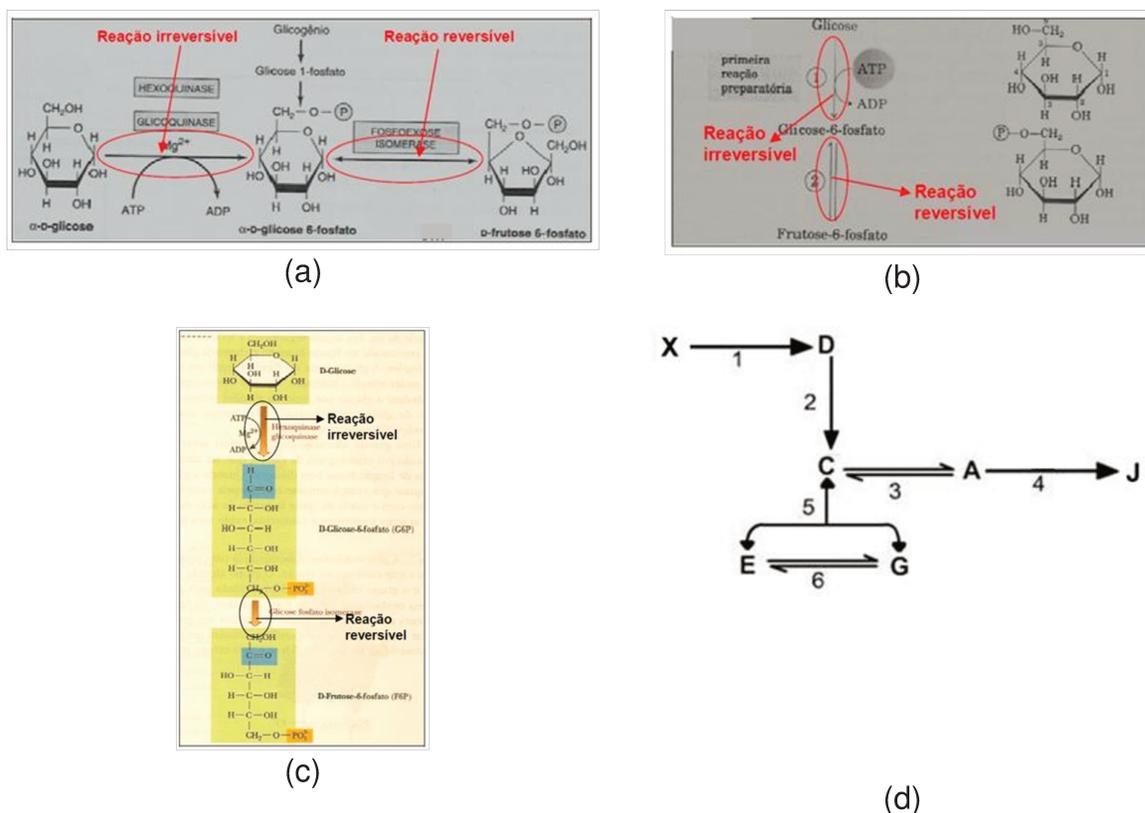
Seria possível construir o QLV sem qualquer vínculo com os aspectos conceituais do conteúdo abordado? Como avaliar, por exemplo, a Literacia Visual da regulação de uma Via Metabólica sem que isso implique na compreensão dos conceitos envolvidos no processo de regulação?

O QLV foi construído com o intuito de que houvesse em sua estrutura o menor vínculo possível com os aspectos conceituais do conteúdo de interesse e, é justamente dessa forma que o QLV deve ser analisado, pois, de acordo com os dados aqui apresentados, a total distinção entre os elementos visuais e os aspectos conceituais seria uma tarefa dificilmente concretizada.

## II.2) Aplicação do Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual após Intervenção Pedagógica

No processo de análise dos dados observou-se uma situação crítica quanto ao desempenho dos alunos na **Questão 2**.

Assim, partindo-se da hipótese de que uma intervenção pedagógica simples, que tivesse como proposta central a disseminação de informação, pudesse contribuir de forma consistente na resolução do problema detectado, foram propostas ações didático-pedagógicas que pudessem ser desenvolvidas no processo de ensino-aprendizagem do 1º Período do curso, na disciplina de Química Fundamental, ministrada pela responsável por esta pesquisa.



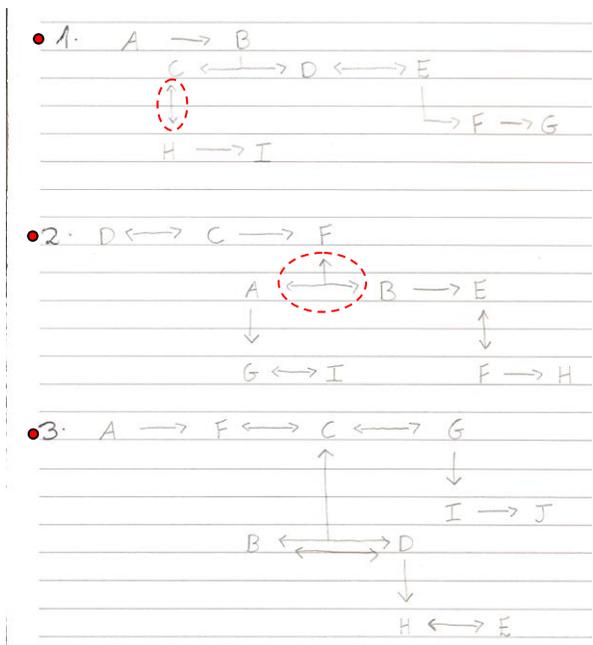
**Figura 34** – Imagens com diferentes representações visuais do processo de reversibilidade de uma reação química em contextos bioquímicos. (a) Imagem encontrada em MURRAY e colaboradores, 2007, 145 (OLIVEIRA, 2010, 37); (b) Imagem encontrada em LEHNINGER e colaboradores, 1995, 299 (OLIVEIRA, 2010, 37); (c) Imagem encontrada em CAMPBELL e FARRELL, 2008, 573 (OLIVEIRA, 2010, 38); (d) Imagem adaptada da **Questão 2** do QLV.

Foi incluída na abordagem do conteúdo de Equilíbrio Químico a informação de que a reversibilidade de uma reação poderia ser apresentada com símbolos diferenciados em conteúdos bioquímicos, devido à complexidade dos processos químicos estudados em sistemas biológicos, ou mesmo devido à falta de sistematização. Na **Figura 34** são apresentadas as imagens discutidas com os alunos durante as aulas.

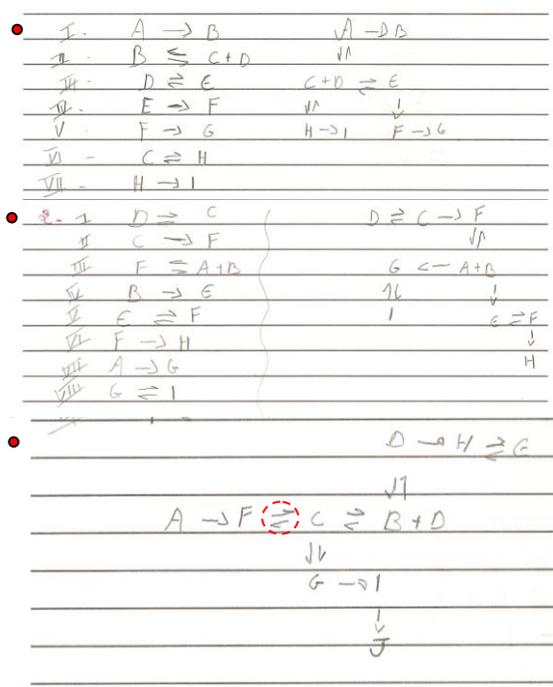
Verifica-se na **Figura 34** um exemplo de erro cometido em contextos bioquímicos, de forma semelhante ao encontrado na **Questão 3**. A **Figura 34a** mostrada um exemplo de reação reversível onde é feito o uso do símbolo de ressonância. Em situações como essa, o aluno passa por um processo conflitante na aprendizagem, pois determinados materiais didáticos de Bioquímica estariam colocando os alunos em contato com usos diferenciados de um símbolo sem respaldo conceitual. O exemplo mostrado na **Figura 34c** também é inapropriado.

Também foi proposto, juntamente com a discussão do conteúdo de Equilíbrio Químico, três (3) exercícios específicos (**ANEXO 3**) para que os alunos pudessem apresentar representações de reversibilidade química em sistemas complexos (processos envolvendo várias reações químicas sequenciais).

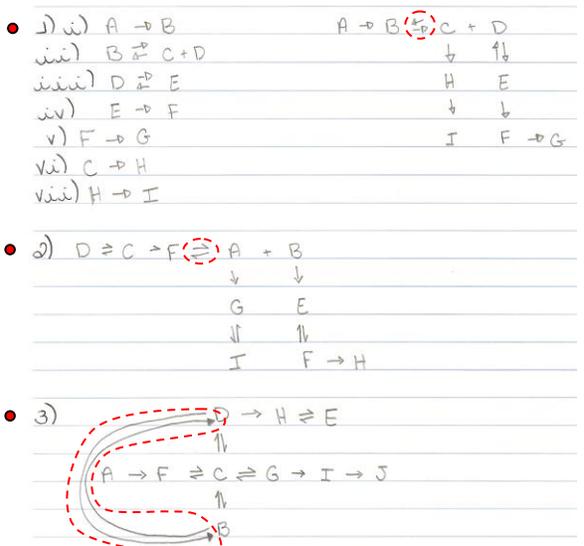
Na **Figura 35** apresenta-se exemplos de representações de reversibilidade propostos pelos alunos a partir da resolução dos exercícios (**ANEXO 3**). Vinte e seis (26) alunos entregaram a lista com os exercícios de intervenção.



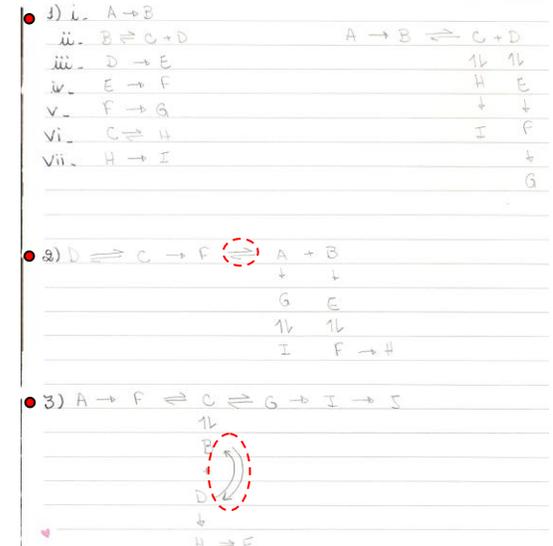
(a)



(b)



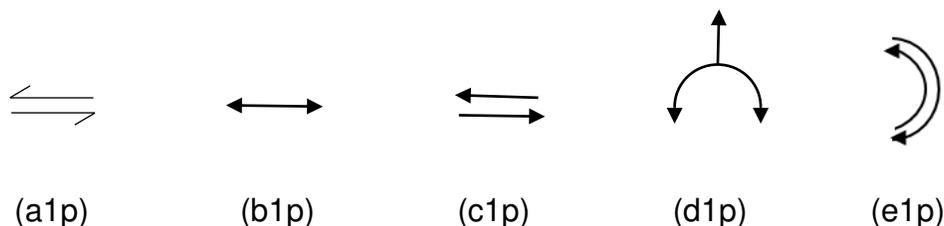
(c)



(d)

**Figura 35** – Resolução dos exercícios de reversibilidade propostos aos alunos do 1º Período. (a) Exercícios resolvidos por A1 (A1 = aluno(a) 1); (b) Exercícios resolvidos por A2; (c) Exercícios resolvidos por A3; (d) Exercícios resolvidos por A4.

Observa-se na **Figura 35** o uso de cinco (5) representações de reversibilidade, segundo interpretação dos alunos, sendo elas,



A representação **a1p**, em que há o uso de meias setas, é usada de maneira formal no ensino de Química (RUSSELL, 1994), sendo, provavelmente, a representação com que os alunos mais tiveram contato tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior. Dez alunos (~ 34,5%) fizeram uso da representação na resolução dos exercícios.

A representação **b1p** pode ser encontrada com facilidade em sites da Internet, em material desenvolvido e disponibilizado por usuários. O uso desta representação revela um problema de domínio conceitual. O desconhecimento sobre o uso correto do símbolo, somado ao fato de que os editores de textos disponíveis para uso geralmente não possuem em seu rol de símbolos a representação com meia seta usada na Química (mas possui a seta indicada em **b1p**) pode ser a possível causa de seu uso. Como já discutido anteriormente, esse símbolo representa ressonância, e não deve ser usado para indicar uma transformação química. Quatro alunos (~ 15,4%) fizeram uso da representação **b1p**.

A representação **c1p** também pode ser encontrada com facilidade em sites da Internet, em material desenvolvido e disponibilizado por usuários, e é um símbolo que também pode ser encontrada nos editores de textos disponíveis para uso. Além disso, também é usada de maneira formal no ensino de Química (LAIDLER, 1981), tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior. Vinte alunos (~ 76,9%) fizeram uso da representação **c1p**.

A representação **d1p** foi apresentada aos alunos no material de intervenção pedagógica, sendo que a observação de seu uso foi considerada um ponto positivo nos resultados da pesquisa. Três alunos (~ 11,5%) fizeram uso da representação **d1p**.

A representação **e1p** não foi apresentada aos alunos no material de intervenção, além de não ser uma representação comumente encontrada em livros didáticos de Química. Assim, pode-se afirmar que esta representação foi proposta pelos alunos a partir de um conhecimento visual prévio proveniente de outras áreas do conhecimento. Vinte e um alunos (~ 80,8%) fizeram uso da representação **e1p**.

É importante salientar que a resolução dos exercícios por parte dos alunos ocorreu fora de sala de aula, não se podendo estabelecer, portanto, se houve cópia dos exercícios entre os estudantes. Entretanto, mesmo no caso em que houve cópia, os estudantes trocaram experiências entre si, e tiveram que se posicionar sobre acatar ou não o modelo de resolução que possa ter sido proposto por outros colegas.

É interessante notar que as representações **c1p** e **e1p**, sendo **c1p** mais comumente encontrada na Internet e em livros didáticos, e **e1p** aparentemente uma proposta feita pelos próprios alunos, foram as mais utilizadas, levando à hipótese de que os alunos tenderam a dar preferência ao uso de conhecimentos prévios (esquemas mentais desenvolvidos em contato com informação visual que tiveram mais acesso, seja na Internet ou no Ensino Médio), mesmo que esses não estivessem totalmente de acordo (**e1p**) com o ensino formal de Química.

Quanto à análise do raciocínio lógico reacional usado pelos alunos no material apresentado na **Figura 35**, verifica-se que o(a) aluno(a) A1 não teve dificuldade em organizar de forma satisfatória o encadeamento das reações (apesar do uso incorreto da seta de ressonância, **b1p**), fazendo uso da representação **d1p** para indicar a

reversibilidade das reações de maior complexidade (com formação de mais de um produto).

O(A) aluno(a) A2 usou a representação **a1p** para indicar as reações complexas indicadas no exercício, e não conseguiu esquematizar satisfatoriamente o processo reacional. Já o(a) aluno(a) A3 usou as representações **a1p** e **c1p** (mais tradicionais) para a resolução dos exercícios 1 e 2, e lançou mão da representação **e1p** no exercício 3, resultando em esquemas reacionais satisfatórios. O(A) aluno(a) A4 fez uso de **a1p** de forma satisfatória nos exercícios 1 e 2, mas não conseguiu representar de forma satisfatória, no exercício 3, a transformação de D em H sem a participação direta de B, mesmo com o uso de **e1p**.

É interessante notar que de um modo geral os alunos não tiveram uma postura rígida quanto ao uso dos símbolos, misturando representações diferentes nas resoluções dos exercícios, desde que essas pudessem ser interpretadas da mesma forma. Também salienta-se o fato de que tanto ao usar representações consideradas mais tradicionais ou diferenciadas, os alunos conseguiram representar de forma satisfatória os esquemas reacionais propostos, verificando-se que os erros cometidos relacionaram-se à incapacidade de usar as representações de forma lógica, e não ao fato de que as representações eram inadequadas do ponto de vista da interpretação do esquema reacional, ou seja, de sua simbologia (da interpretação dos alunos quanto ao símbolo).

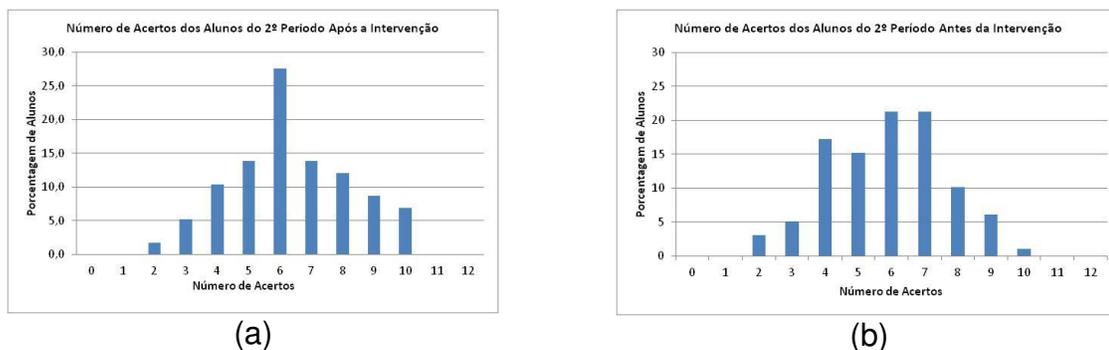
Apesar de ter sido constatada nesta pesquisa uma tendência discente em interpretar várias questões do QLV de forma mais Matemática e Química (no que se refere à simbologia), aparentemente os alunos não opõem resistência ao uso de

linguagens mais esquemáticas e pictóricas, desde que as mesmas sejam devidamente explicadas e façam sentido quanto à compreensão dos conteúdos ensinados.

O uso do material de intervenção foi incorporado às aulas de forma permanente, procurando-se assim agregar uma contribuição pedagógica que pudesse trazer benefícios no processo de ensino e aprendizagem.

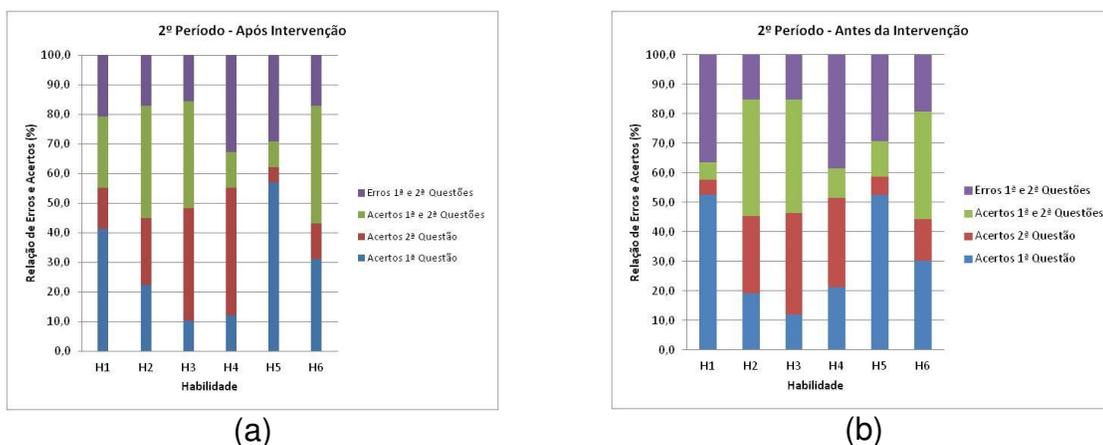
Durante dois (2) semestres letivos consecutivos, no início do 2º Período, os alunos que passaram pela intervenção no 1º Período foram convidados a responder o QLV, cuja coleta e análise de dados resultou nos dados apresentados na sequência (**Figuras 36, 37 e 38**).

Os dados apresentados abaixo (**Figura 36**) demonstram que a curva do gráfico de porcentagem de acertos dos alunos versus o número de acertos apresentou forma de sino, apresentando uma distribuição mais regular após a intervenção.

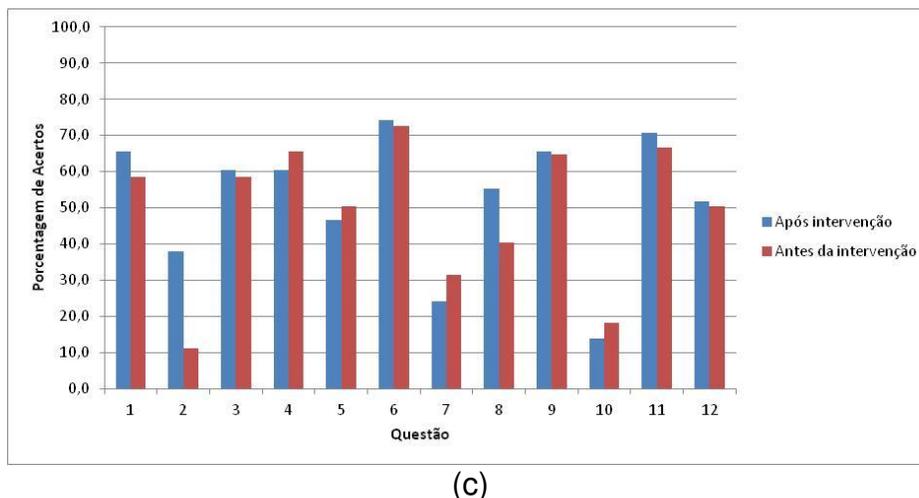


**Figura 36** – Porcentagem de acertos em função do número de acertos para os alunos que passaram pela intervenção pedagógica. Número de alunos = 58.

Nos dados apresentados nas **Figuras 37 e 38** pode-se observar o aumento de acertos na questão alvo de intervenção pedagógica, referente a H1 (**Questão 2**).



**Figura 37** – Distribuição de erros e acertos em relação à habilidade. Os gráficos dispõem, de cima para baixo, a relação percentual de erros nas duas questões de cada habilidade, a relação de acertos nas duas questões, a relação de acertos somente na 2ª questão da habilidade analisada e a relação de acertos somente na 1ª questão da habilidade.



**Figura 38** – Distribuição de acertos de cada questão para o 2º Período do curso, antes e após a intervenção pedagógica.

A média geral de acertos apresentou um aumento de 3,9%, indicando um resultado modesto em termos gerais, o que é condizente como uma situação experimental em que se tem como interesse central favorecer o desenvolvimento de somente uma das habilidades. Entretanto, a porcentagem de alunos que obtiveram 6 ou mais acertos foi 59,6% e 69,0%, antes e após a intervenção, respectivamente.

As diferenças nas porcentagens de acertos para as **Questões 2 e 8** foram 26,8% e 14,8% maiores, respectivamente.

A análise do aumento de acertos na **Questão 8** é um desafio. Porém, foi levantada a hipótese de que além do componente visual, a interpretação dessa questão também envolva um raciocínio lógico-matemático ligado à formação anterior dos alunos avaliados. Se a hipótese estiver correta, os alunos que responderam o QLV após a intervenção podem apresentar um desenvolvimento de raciocínio lógico-matemático melhor, o que seria fruto de uma melhor formação Matemática. Porém, além de não termos instrumentos para estabelecer a veracidade desta hipótese, também não conseguiríamos explicar porque a **Questão 10** não apresentou melhora em seu resultado, uma vez que seu componente lógico-matemático também é acentuado.

O aumento na porcentagem de acertos da **Questão 2** indicou que a intervenção realizada apresentou resultados positivos, embora a porcentagem de acertos relativa à mesma, antes e após a intervenção, ainda possa ser considerada baixa frente aos resultados alcançados na maior parte das questões.

Chama-se atenção para o fato de que o número de acertos da **Questão 2** (37,9%) frente à porcentagem de alunos que propuseram a representação **d1p** (~11,5%), equivalente ao símbolo usado na etapa 5 da **Figura 11**, apresentam uma diferença de aproximadamente 26,4%. Esta observação é interessante, uma vez que os alunos que participaram da coleta de dados do QLV no 2º Período, após a intervenção, também participaram da resolução dos exercícios de intervenção no semestre anterior, quando cursavam o 1º Período, como já descrito.

A diferença de porcentagem detectada acima pode indicar que apesar de uma quantidade significativa dos alunos não ter incorporado a representação **d1p** como

opção primária de uso na resolução de problemas reacionais complexos (mesmo após intervenção), após a intervenção o número de alunos que passou a interpretar a referida representação como uma opção viável de escolha aumentou. Propondo-se uma analogia com a escrita de textos, pode-se inferir que os alunos, mesmo após intervenção, ainda tenderam a usar palavras (símbolos) mais familiares, apesar de passarem a reconhecer novas palavras (símbolos) como parte de seu vocabulário.

Poder-se-ia desenvolver um raciocínio semelhante ao apresentado para a **Questão 8**, e levantar a hipótese de que os alunos obtiveram um desenvolvimento de Literacia Visual de melhor nível antes de entrar na Universidade. Entretanto, rejeitou-se essa hipótese, pois o acesso ao símbolo de interesse na questão dificilmente teria ocorrido na Educação Básica.

A análise do fato de que mesmo apresentando o número de acertos relativamente baixo, pode-se observar uma melhora do desempenho dos estudantes na questão analisada, é um resultado estimulante, e leva a refletir na possibilidade de que trabalhos simples de instrução simbólica e esquemática podem trazer grande benefício para o desenvolvimento da leitura e interpretação de elementos visuais pelos alunos.

### II.3) Aplicação do Questionário de Conhecimento Bioquímico

O Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual (QLV) aplicado teve como objetivo analisar o desempenho dos alunos a partir de uma abordagem que se pautou, preponderantemente, na leitura e na interpretação de elementos visuais, desvinculando-se o máximo possível de interpretações conceituais.

Tendo em vista a característica acentuadamente visual do QLV, procurou-se na literatura especializada um instrumento de avaliação de aprendizagem que pudesse dar informações sobre o nível de conhecimento bioquímico dos alunos e, dessa forma, pudesse servir como parâmetro de comparação entre o desenvolvimento da Literacia Visual e o nível de Conhecimento Bioquímico discente.

Assim, utilizou-se como instrumento de coleta de dados um Questionário desenvolvido por um grupo de professores (HOWITT, et al., 2008) financiado pelo Australian Teaching and Learning Council e a International Union of Biochemistry and Molecular Biology (IUBMB). O questionário foi denominado Molecular Life Sciences Concept Inventory (MLS Concept Inventory)<sup>3</sup>.

Esse questionário contém 30 questões traduzidas para a Língua Portuguesa pelo Prof. Dr. Bayardo Baptista Torres, atualmente Professor Colaborador Sênior do Departamento de Bioquímica da Universidade de São Paulo (USP). As questões estão subdivididas em 6 módulos denominados **Estrutura Macromolecular, Equilíbrio Dinâmico, Reações Biológicas e Catálise, Transformações de Energia, Difusão e Codificação da Informação**, sendo que cada módulo contém 5 questões. As questões foram adaptadas para o desenvolvimento desta pesquisa e se encontram em anexo (**ANEXO 2**).

---

<sup>3</sup> <http://www.olt.gov.au/system/files/resources/PP7-350%20UQ%20Wright%20Final%20Report%202011%20Appendices.pdf>

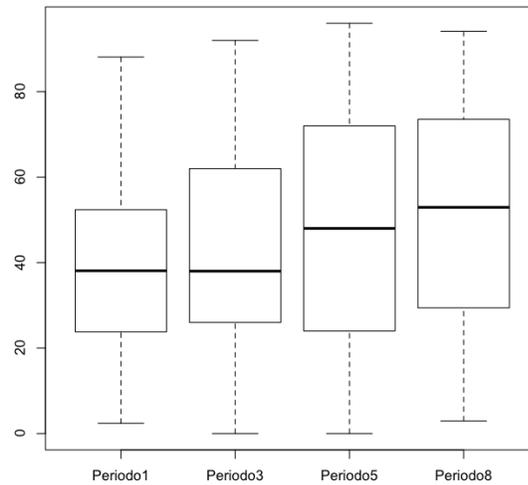
Para efeito de análise deste trabalho denominou-se o MLS Concept Inventory como **Questionário de Conhecimento Bioquímico (QCB)**.

Foram aplicados um total de 151 Questionários no 1º, 3º, 5º e 8º Períodos do curso de Graduação em Bioquímica da UFSJ. O QCB foi aplicado no final de cada período, com exceção do 1ºP, em que o QCB foi aplicado no início do semestre letivo. O critério de escolha dos períodos analisados pautou-se no fato de que os alunos deveriam ter um conhecimento mínimo dos conteúdos bioquímicos abordados no curso (3ºP), passando para um conhecimento intermediário, ou seja, estar aproximadamente na metade do curso (5ºP), culminando no levantamento de dados junto aos alunos em fase de conclusão (8ºP). Os dados dos alunos iniciantes (1ºP) foram importantes para determinar os conhecimentos prévios dos alunos.

A distribuição em forma de sino mostrada na **Figura 39a** é consistente com um quadro de aprendizagem em que se espera que os discentes tenham diferentes níveis de formação intelectual à medida que entram em contato com conteúdos mais avançados e diferenciados no transcorrer do curso de graduação. Além disso, tem-se na **Figura 39b** a confirmação de que a média de acertos do QCB variou de forma crescente à medida que os alunos foram avançando no curso de graduação.



(a)



(b)

**Figura 39** – (a) Dados de Acertos Gerais no Questionário de Conhecimento Bioquímico do 1P, 3P, 5P e do 8P. (b) Distribuição percentual da média de acertos dos 4 Períodos avaliados (P = período). O valor de n (n = número de alunos) em cada período analisado é  $n_{1P} = 42$ ,  $n_{3P} = 50$ ,  $n_{5P} = 25$  e  $n_{8P} = 34$ .

A análise dos dados demonstrou que 29,1% dos alunos acertaram porcentagem igual ou maior a 50% do QCB, sendo que a maior parte da variação de porcentagem (45,7%) de acertos se concentrou na faixa de 40 a 49,9% de acertos. Esse resultado foi considerado satisfatório para dar continuidade ao estabelecimento de parâmetros de comparação entre os resultados do QLV e do QCB.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 40** – Porcentagem de alunos que responderam o QCB versus a porcentagem de Faixas de Acertos. Os dados apresentados demonstram o desempenho dos alunos por Período.

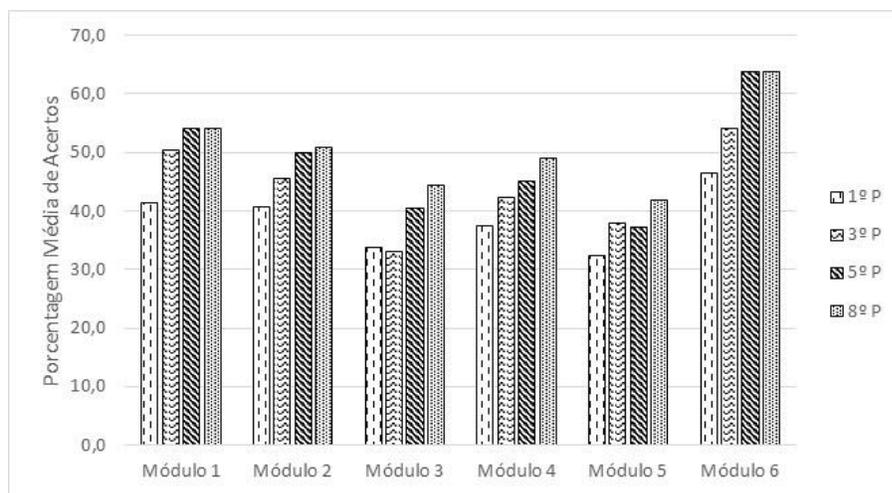
Com o objetivo de definir o teste estatístico que deveria ser usado para fazer as comparações entre os 4 períodos avaliados, foi aplicado aos dados o teste de normalidade de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov). O valor de  $p$  obtido indicou que os dados do 1º e do 8º Período têm distribuição normal.

Os dados foram submetidos ao teste não paramétrico Kruskal-Wallis para determinar se há diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos 4 períodos avaliados. O valor de  $p$  obtido na prova de Kruskal-Wallis foi de 0,0009743, o que significa que pelo menos um dos grupos é diferente de outros.

Para determinar quais períodos teriam diferenças entre si, foi aplicado o teste de Tukey para comparações múltiplas. Como foram considerados significativos estatisticamente os resultados obtidos neste teste com valor de  $p \leq 0,05$ , verificou-se que a média de acertos entre o 1º e o 5º e entre o 1º e o 8º Períodos apresentaram valores estatisticamente distintos.

A partir dos dados apresentados nas **Figuras 39 e 40**, bem como dos dados estatísticos obtidos, observou-se uma distribuição de acertos consistente (**Figura 39a**), como também uma tendência no aumento do número de acertos à medida que os alunos foram passando para níveis posteriores de aprendizagem na graduação

(Figuras 39b e 40). A tendência citada é evidenciada pelo deslocamento de barras observado nos gráficos da Figura 40.



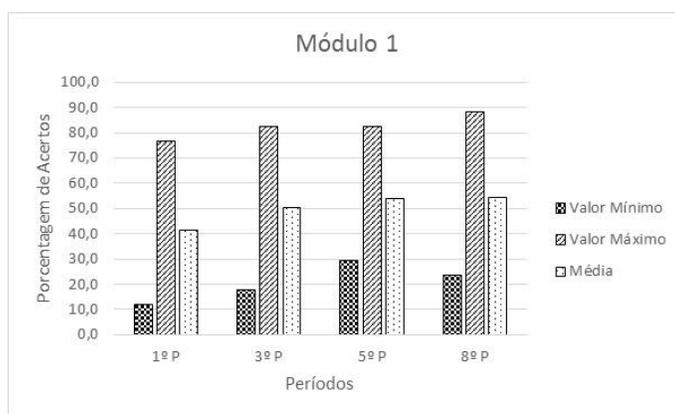
**Figura 41** – Porcentagem média de acertos por módulo em cada período analisado.

Pode-se observar nos resultados obtidos (Figuras 41 e 42) que a média de acertos no Módulo 1 (**Estrutura Macromolecular**) aumentou de forma moderada com o passar dos períodos. A média de acertos neste módulo foi de aproximadamente 50,0%.

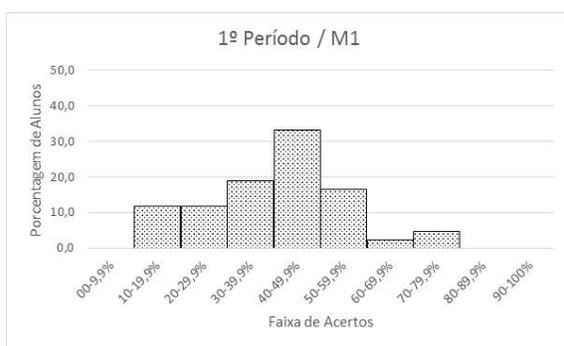
Ao analisar as questões deste módulo pode-se observar que a interpretação das mesmas tem um caráter acentuadamente químico, pois exige dos alunos um domínio de conteúdo ligado ao conhecimento de conceitos da Química. Para a interpretação correta das questões deste módulo são necessários, principalmente, o uso do conceito de Ligações Covalentes, Eletronegatividade, Ligações Intermoleculares, Geometria Molecular, Estereoquímica, Ressonância e Reações Orgânicas. Todos os conceitos citados são importantes para a compreensão da formação das macromoléculas, principalmente no que se refere às suas interações com o meio biológico. Além disso, também salienta-se a importância do aluno ter tido contato com a Bioquímica de Proteínas.

De acordo com as informações disponíveis no Projeto Político Pedagógico (PPP) do Bacharelado em Bioquímica da UFSJ (**ANEXO 5**), os alunos têm contato com as disciplinas que abordam os conteúdos necessários para o entendimento das questões relacionadas ao Módulo 1 do 1º ao 3º Período.

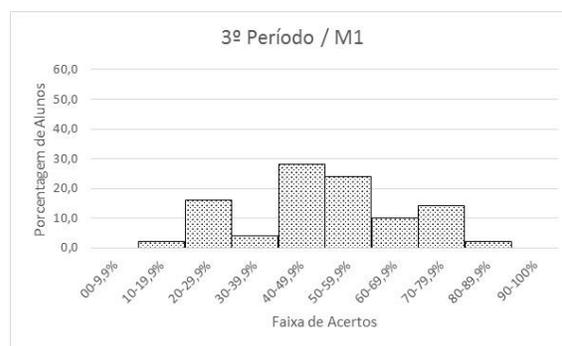
Nota-se pelos gráficos das **Figuras 41 e 42a** que não houve alteração na média de acertos entre o 5º e o 8º Período, havendo uma tendência de aumento somente nos períodos anteriores, o que pode indicar que as disciplinas do 5º Período e posteriores não contribuíram consideravelmente para a aprendizagem dos conteúdos envolvidos.



(a)



(b1)



(b2)



(b3)



(b4)

**Figura 42** – Percentagens de acertos (a) gerais por períodos e (b) por faixas de acertos em cada período, para o Módulo 1.

Destaca-se o fato de que as questões 3, 4 e 5 deste módulo (Módulo 1) fizeram uso de linguagem visual em sua elaboração, o que evidencia a relação entre elementos visuais e conceituais no entendimento do conteúdo abordado.

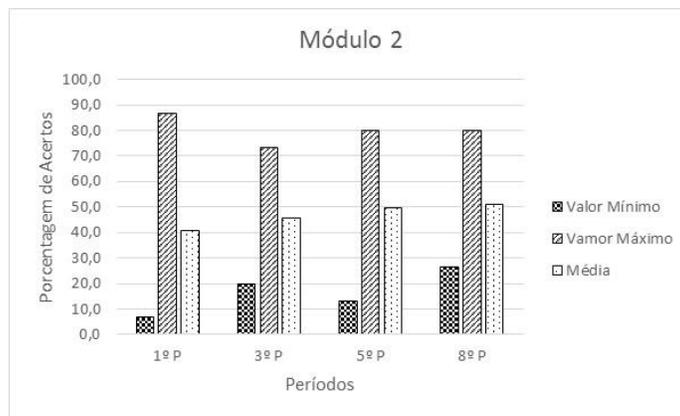
Pode-se observar nos resultados obtidos (**Figuras 41 e 43**) que a média de acertos no Módulo 2 (**Equilíbrio Dinâmico**) também aumentou de forma moderada com o passar dos períodos, embora a variação dos valores mínimos e máximos de acertos tenha ocorrido de forma mais irregular. A média de acertos neste módulo foi de aproximadamente 46,7%.

A resolução das questões deste módulo também pressupõe conhecimento acentuado de conceitos químicos. Pode-se citar Equilíbrio Químico, Soluções, Propriedades Ácido-Base, Conceito de pH e Estequiometria como conteúdos centrais para a resolução das questões. Além disso, também salienta-se a importância do aluno ter tido contato com a Bioquímica de Proteínas e a Enzimologia.

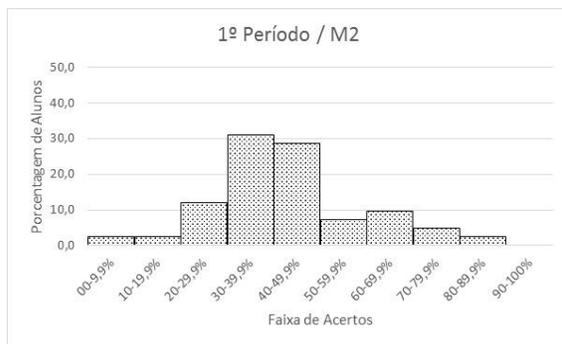
De acordo com as informações disponíveis no PPP do Bacharelado em Bioquímica da UFSJ (**ANEXO 5**), os alunos têm contato com as disciplinas que abordam os conteúdos necessários para o entendimento das questões relacionadas ao Módulo 2 do 1º ao 3º Período.

Pode-se notar a partir dos dados coletados (**Figuras 41 e 43a**) que não houve alteração significativa na média de acertos entre o 5º e o 8º Período, havendo uma tendência de aumento somente nos períodos anteriores. Mais uma vez infere-se que aparentemente as disciplinas do 5º Período e posteriores não contribuíram consideravelmente para a aprendizagem dos conteúdos avaliados no módulo.

As questões deste módulo fizeram uso de linguagem visual em sua elaboração, o que mais uma vez evidencia a relação entre elementos visuais e conceituais no entendimento do conteúdo abordado.



(a)



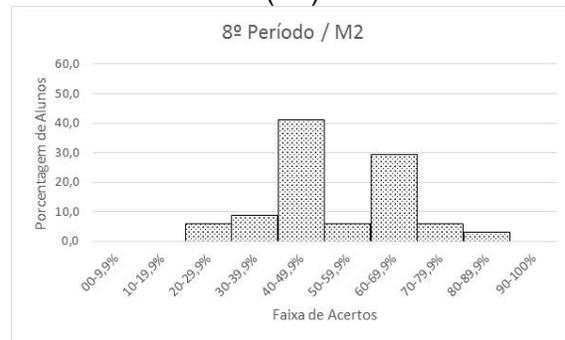
(b1)



(b2)



(b3)



(b4)

**Figura 43** – Porcentagens de acertos (a) gerais por períodos e (b) por faixas de acertos em cada período, para o Módulo 2.

Nos resultados obtidos para o Módulo 3 (**Reações Biológicas e Catálise**) (**Figuras 41 e 44**) a média de acertos aumentou de forma moderada com o passar dos períodos. A média de acertos neste módulo foi de aproximadamente 37,9%, apresentando a segunda menor média entre os módulos.

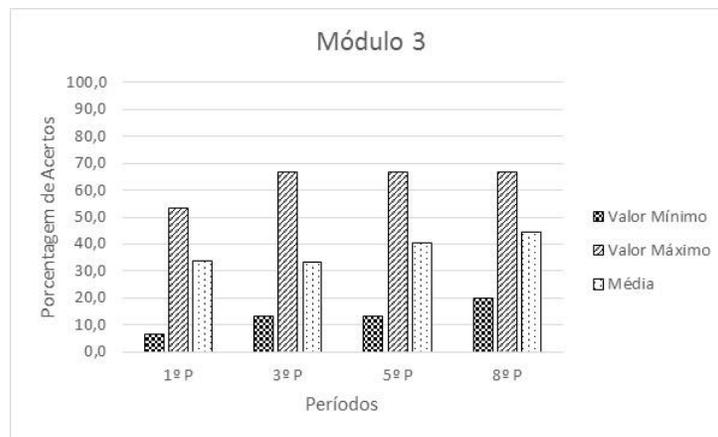
A resolução das questões deste módulo pressupõe conhecimentos de Cinética Química, Reações de Óxido-redução, Ligações Químicas, Estereoquímica e Termoquímica. Além disso, também salienta-se a importância do aluno ter tido contato com a Enzimologia.

De acordo com as informações disponíveis no PPP do Bacharelado em Bioquímica da UFSJ (**ANEXO 5**), os alunos têm contato com as disciplinas que abordam os conteúdos necessários para o entendimento das questões relacionadas ao Módulo 3 de forma mais acentuada do 1º ao 3º Período.

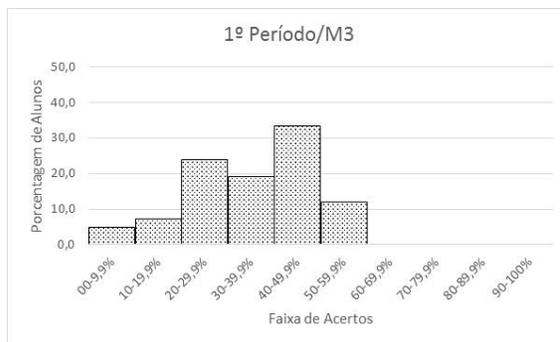
Os dados apresentados (**Figuras 41 e 44a**) levam à hipótese de que os conteúdos deste módulo passam a ser melhor compreendidos após o 3ºP, com uma aparente contribuição das disciplinas do 5ºP e posteriores no processo.

O fato desse módulo abordar a análise de processos de Óxido-redução permite traçar um paralelo com os resultados obtidos nas **Questões 5 e 9** do QLV. Tanto nos resultados do QCB quanto do QLV pode-se notar indícios de um problema de domínio de conteúdo nos períodos iniciais no que diz respeito aos processos de Óxido-redução.

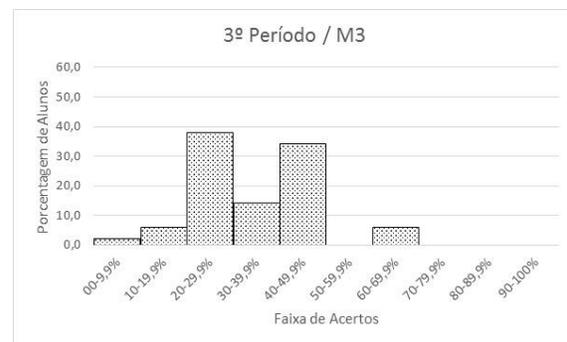
Também observou-se a relação entre elementos visuais e conceituais no entendimento do conteúdo abordado.



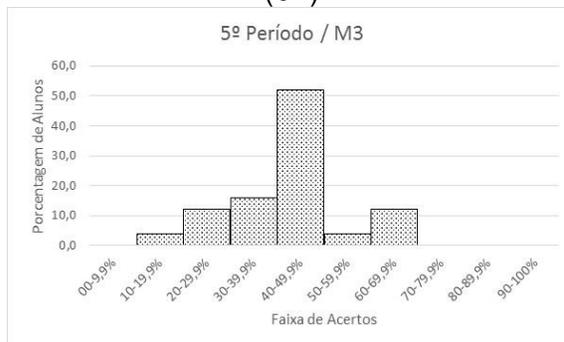
(a)



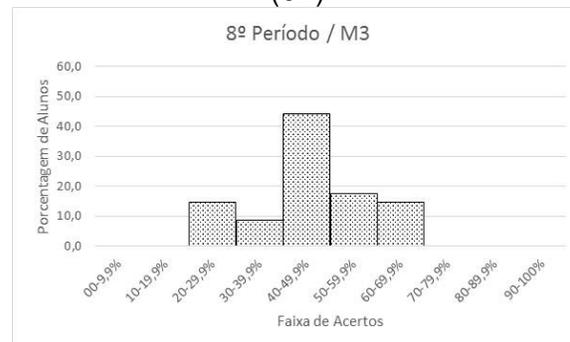
(b1)



(b2)



(b3)



(b4)

**Figura 44** – Porcentagens de acertos (a) gerais por períodos e (b) por faixas de acertos em cada período, para o Módulo 3.

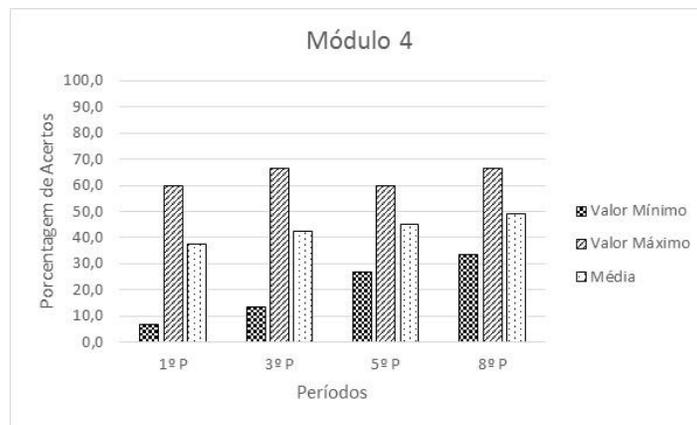
Pode-se observar nos resultados obtidos (**Figuras 41 e 45**) que a média de acertos no Módulo 4 (**Transformações de Energia**) aumentou de forma moderada com o passar dos períodos, com variação irregular nos valores máximos de acertos. A média de acertos neste módulo foi de aproximadamente 43,5%.

A resolução das questões deste módulo pressupõe conhecimentos de Termoquímica, Cinética Química, Equilíbrio Químico e Bioquímica Metabólica.

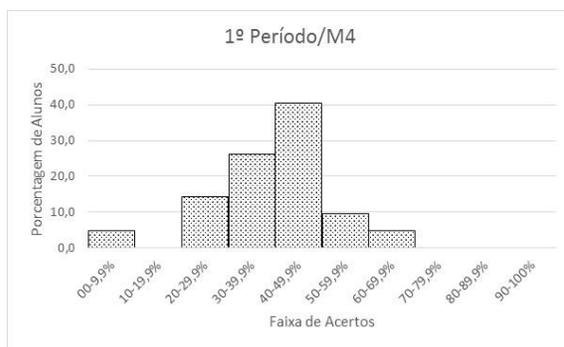
De acordo com as informações disponíveis no PPP do Bacharelado em Bioquímica da UFSJ (**ANEXO 5**), os alunos têm contato com as disciplinas que abordam os conteúdos necessários para o entendimento das questões relacionadas ao Módulo 4 de forma mais acentuada do 1º ao 4º Período.

Pode-se notar a partir dos dados coletados (**Figuras 41 e 45a**) que a média de acertos no módulo apresenta indício de aumento no decorrer dos períodos analisados, indicando um possível aumento de domínio dos conteúdos abordados neste módulo até o final do curso.

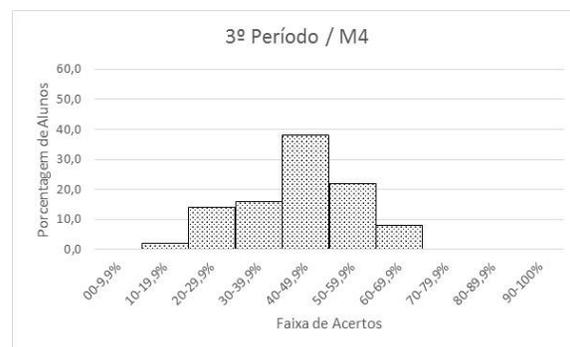
Observou-se o uso da relação entre elementos visuais e conceituais no entendimento do conteúdo abordado.



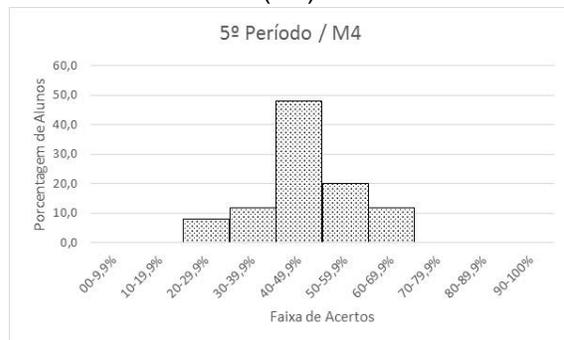
(a)



(b1)



(b2)



(b3)



(b4)

**Figura 45** – Porcentagens de acertos (a) gerais por períodos e (b) por faixas de acertos em cada período, para o Módulo 4.

Pode-se observar nos resultados obtidos (**Figuras 41 e 46**) que a média de acertos no Módulo 5 (**Difusão**) aumentou de forma moderada com o passar dos períodos, embora mais uma vez tenha-se verificado que a variação dos valores mínimos e máximos de acertos tenha ocorrido de forma mais irregular. A média de acertos neste módulo foi de aproximadamente 37,3%, apresentando-se como o módulo com a menor média de acertos.

A resolução das questões deste módulo pressupõe conhecimentos de Termoquímica, Propriedades coligativas e Difusão, Forças Intermoleculares, Propriedades de Soluções, Geometria Espacial (Matemática), Bioquímica de Lipídios, Bioquímica de Proteínas e Biologia Celular.

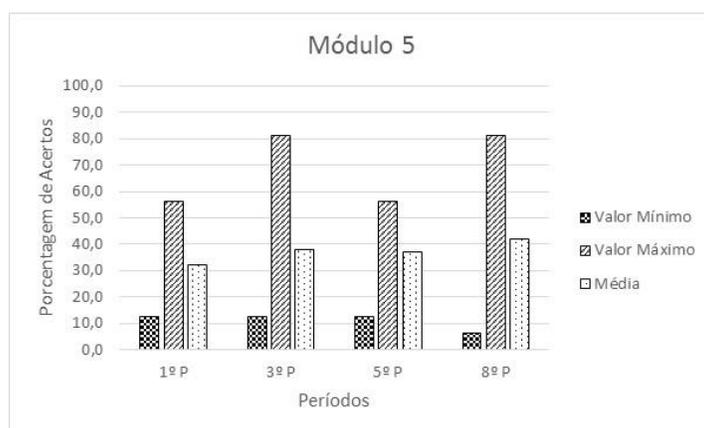
De acordo com as informações disponíveis no PPP do Bacharelado em Bioquímica da UFSJ (**ANEXO 5**), os alunos têm contato com as disciplinas que abordam os conteúdos necessários para o entendimento das questões relacionadas ao Módulo 5 de forma mais acentuada do 1º ao 3º Período.

Pode-se notar a partir dos dados coletados (**Figuras 41 e 46a**) que a média de acertos no módulo apresenta indício de aumento do 1º para o 3º Período, e do 5º para o 8º Período, indicando um intervalo de tempo no meio do curso onde o domínio dos conteúdos abordados aparentemente não sofre alteração.

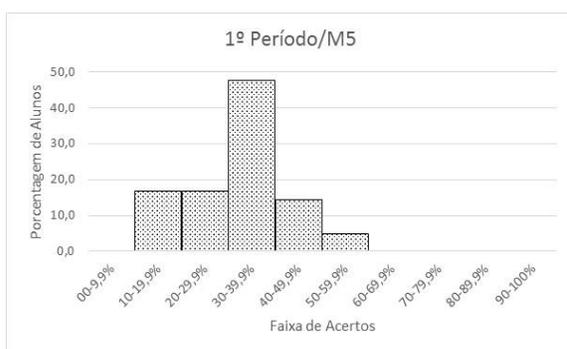
É interessante notar que esse módulo pressupõe uma abordagem interdisciplinar acentuada, o que parece ter refletido na habilidade de responder corretamente as questões, uma vez que esse foi o módulo em que os alunos demonstraram menor compreensão de conteúdos. Logo, infere-se que a capacidade de extrapolação conceitual, com base em uma compreensão interdisciplinar dos conteúdos ensinados, parece constituir um desafio para os alunos.

Além de ter característica acentuadamente química, o módulo também exigiu dos alunos o desenvolvimento de raciocínio lógico-matemático. Essa observação é interessante, pois a hipótese de que a falta de habilidade quanto ao domínio de raciocínio lógico-matemático por parte dos alunos, pode ser um ponto negativo na aprendizagem/compreensão de conteúdos ligados ao entendimento do Metabolismo, já foi levantada na análise dos dados do QLV.

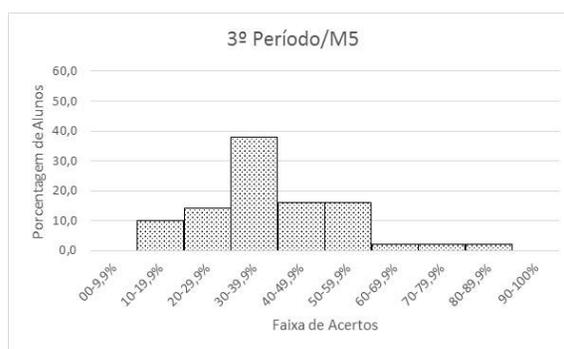
Também observou-se a relação entre elementos visuais e conceituais no entendimento do conteúdo abordado.



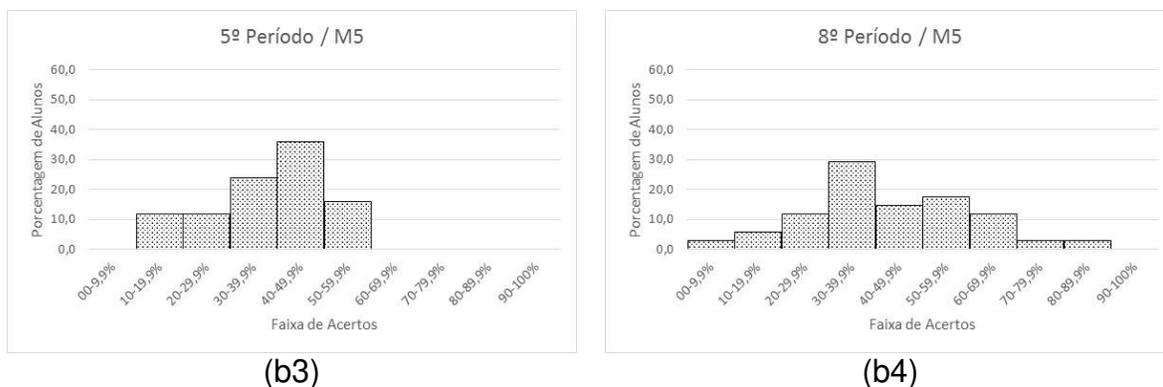
(a)



(b1)



(b2)



**Figura 46** – Porcentagens de acertos (a) gerais por períodos e (b) por faixas de acertos em cada período, para o Módulo 5.

Pode-se observar nos resultados obtidos (**Figuras 41 e 47**) que a média de acertos no Módulo 6 (**Codificação da Informação**) aumentou de forma moderada com o passar dos períodos. A média de acertos neste módulo foi de aproximadamente 57,0%, apresentando-se como o módulo com a maior média de acertos.

A resolução das questões deste módulo pressupõe conhecimentos de Biologia Celular, Genética, Bioquímica de Proteínas e Biologia Molecular.

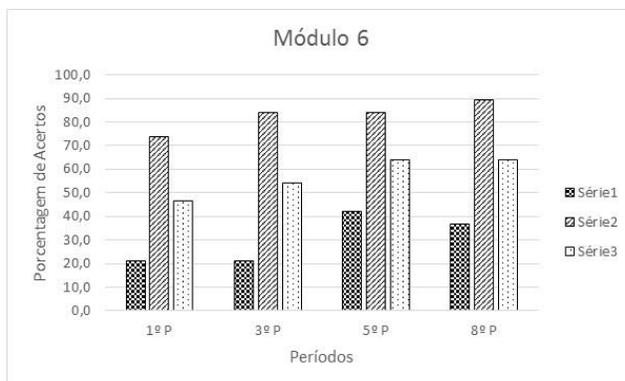
De acordo com as informações disponíveis no PPP do Bacharelado em Bioquímica da UFSJ (**ANEXO 5**), os alunos têm contato com as disciplinas que abordam os conteúdos necessários para o entendimento das questões relacionadas ao Módulo 6 de forma mais acentuada do 1º ao 4º Período.

Pode-se notar a partir dos dados coletados (**Figuras 41 e 47a**) que a média de acertos no módulo apresenta indício de aumento do 1º ao 5º Período, tendendo a um patamar do 5ºP em diante; aparentemente o domínio dos conteúdos abordados nesse módulo não sofre alteração nos últimos períodos do curso.

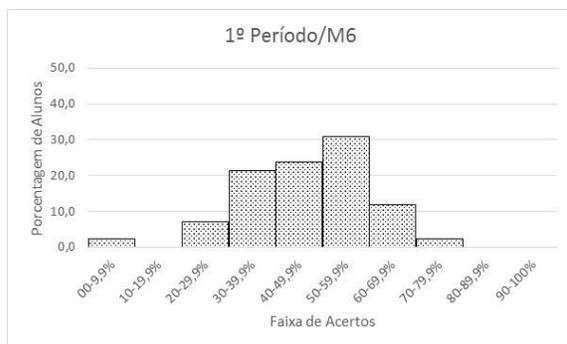
É interessante observar que os resultados coletados indicam uma maior

porcentagem de acertos para este módulo desde o 1º Período. Aparentemente os conteúdos abordados no módulo já faziam parte do rol de conhecimentos dos alunos (mesmo que parcialmente) desde o Ensino Médio.

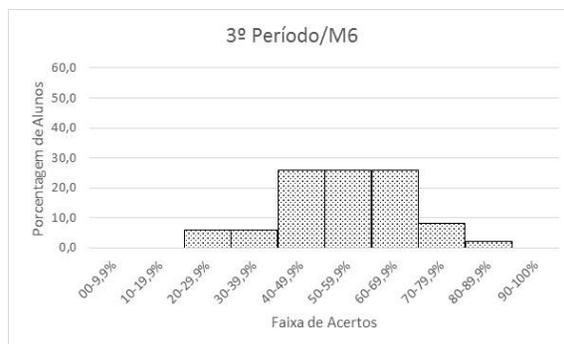
Observou-se o uso da relação entre elementos visuais e conceituais no entendimento do conteúdo abordado.



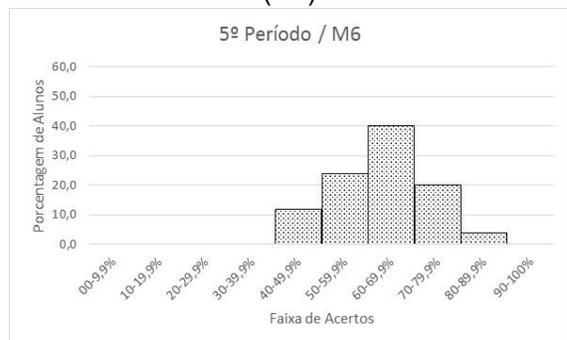
(a)



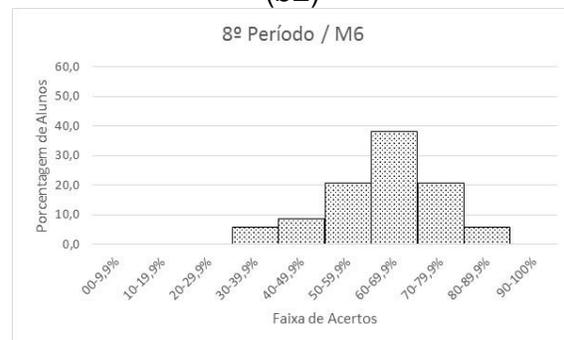
(b1)



(b2)



(b3)



(b4)

**Figura 47** – Percentagens de acertos (a) gerais por períodos e (b) por faixas de acertos em cada período, para o Módulo 6.

Uma análise mais objetiva dos resultados obtidos com o QCB sugere que aprendizagem Bioquímica aparentemente precisa de ajuste.

A média da porcentagem de acertos para o 1º e o 8º Período foi 39,0% e 51,2%, respectivamente. A diferença entre as médias foi de 12,2%.

Esse é um dado que merece reflexão, pois, além da diferença entre as médias ter sido baixa, também pode-se verificar que a porcentagem de acertos dos alunos do 8º Período aparentemente pode ser melhorada.

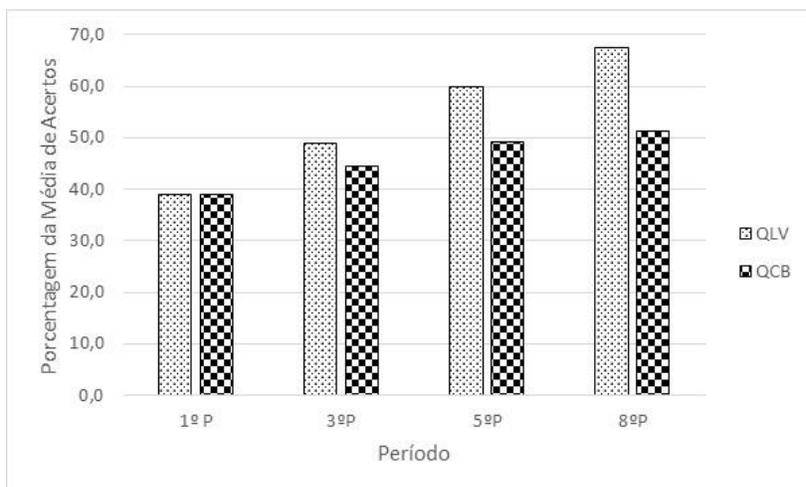
Mais uma vez propor-se-á que os dados obtidos sejam levados ao conhecimento dos responsáveis pela condução do curso de Bioquímica da UFSJ, para que os mesmos possam analisar e se posicionar em relação ao fato.

O diagnóstico obtido com o QCB pode vir a servir de base para a reflexão sobre a estrutura e o planejamento de ensino da Graduação em Bioquímica, bem como sinalizar para os docentes do curso analisado os possíveis pontos críticos que merecem maior atenção e reposicionamento didático-pedagógico.

Na sequência do texto procurar-se-á fazer outras considerações sobre o quadro de aprendizagem.

## II.4) Comparação entre o Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual (QLV) e o Questionário de Conhecimento Bioquímico (QCB)

Após a aplicação dos dois Questionários, foi feita uma análise comparativa dos resultados dos mesmos.



**Figura 48** – Comparação da Porcentagem da Média de Acertos dos Alunos nos períodos analisados, para os dois Questionários (QLV e QCB).

Ambos Questionários demonstraram um aumento da média de acertos à medida que os alunos avançaram no curso. Entretanto, também indicaram que o aumento no nível de aprendizagem precisa passar por ajustes.

Ao analisar os dados, notou-se que a variação dos valores de QLV entre o 1ºP e o 3ºP, o 3ºP e o 5ºP, o 5ºP e o 8ºP foi 9,9%, 11,0% e 7,6%, respectivamente, enquanto que a diferença para o QCB foi 5,4%, 4,7% e 2,1%, respectivamente.

Este dado pode indicar que, comparado ao QCB, o QLV apresentou uma maior distinção de aprendizagem, de acordo com os seus objetivos específicos, entre os períodos analisados.

Embora o QLV tenha sido desenvolvido com o intuito de analisar linguagens visuais usadas de forma contextualizada no Ensino de Metabolismo, não se pode

ignorar o fato de que os elementos visuais usados no Questionário podem ser usados em outros contextos específicos, seja no ambiente universitário, seja nos ambientes sociais, incluindo-se os ambientes virtuais de socialização e aprendizagem. Assim, pode-se inferir que o aumento da Literacia Visual pode ocorrer de forma generalizada e externa ao ambiente do Ensino Superior, enquanto o aumento do conhecimento bioquímico ocorre preponderantemente nas Instituições de Ensino de Nível Superior. Esse fato, em si, pode ter contribuído para as diferenças detectadas entre o nível de Literacia Visual e o nível de aprendizagem de Bioquímica, mesmo que seja encarado como uma hipótese remota.

Mesmo levando em consideração a especificidade do QLV, não se deve perder de vista, como já esclarecido, que a construção do mesmo objetivou um mínimo de dependência dos elementos conceituais a que se relaciona, ou seja, o questionário ainda tem uma relação com os aspectos conceituais, e esse fato foi evidenciado a partir dos dados obtidos nesta pesquisa.

A comparação entre o QLV e o QCB fornece elementos complementares na análise da evolução de aprendizagem dos alunos, pois a medida que os alunos avançam em sua aprendizagem conceitual sobre o conteúdo Bioquímico, eles também desenvolvem e exercitam as habilidades visuais necessárias para promover o aumento do nível de Literacia Visual.

De outra parte, pode-se inferir que a aprendizagem de conteúdos Bioquímicos pauta-se no uso de linguagens visuais, associando os processos de aprendizagem.

Assim, defende-se nesta pesquisa a ideia de que o desenvolvimento de Literacia Visual pautada em contextos bioquímicos, e a aprendizagem da Bioquímica em si, ocorrem de forma conjunta e vinculada, não ignorando-se o fato de que pelo menos

parte da linguagem visual usada já foi (ou deveria ter sido) trabalhada junto aos alunos desde a Educação Básica.

A partir dos dados obtidos, também pode-se inferir que com o avanço do aluno no curso, os conhecimentos bioquímicos analisados a partir do **QCB** tendem a um patamar, não havendo grande diferenciação de aprendizagem Bioquímica nos quatro (4) últimos Períodos. Esse dado deve ser analisado de forma cuidadosa, pois, apesar de levantar-se a hipótese de que pode haver a necessidade de ajuste no processo pedagógico, também deve-se levar em consideração a possibilidade de que o **QCB** pode apresentar limitações em sua capacidade de distinguir o nível de aprendizagem nos Períodos finais do curso.

Ao analisar a grade curricular disponível no PPP do curso (**ANEXO 5**) pode-se observar que a partir do 5º Período uma parte significativa das disciplinas propostas exibem um caráter acentuadamente aplicado e tecnológico, contribuindo para a formação discente em aspectos diferentes daqueles relacionados ao aprendizado de Bioquímica em si. Assim, a análise curricular indica que a partir de aproximadamente metade do curso deverá ocorrer um processo de consolidação e aplicação do conhecimento adquirido anteriormente.

O conjunto de dados obtidos nesta pesquisa indicam a possível necessidade de reflexão e análise sobre a estrutura do curso de Bacharelado em Bioquímica da UFSJ.

Sem ter a pretensão de propor “verdades” pedagógicas, pois é do conhecimento dos pesquisadores da área de Educação que todo planejamento estrutural, funcional e didático-pedagógico do Ensino deve passar por um processo de discussão e de amadurecimento quanto às implicações pertinentes aos contextos educacionais

específicos, pode-se tentar elencar possíveis aspectos iniciais de uma análise que poderá ser devidamente aprofundada pelos responsáveis.

Assim, pode-se iniciar a análise do processo, que deverá ser devidamente desenvolvida pelos responsáveis, com três (3) categorias gerais: Alunos, Professores e Currículo.

### **Alunos**

Com relação aos Alunos, a discussão elencada recairá sobre o nível de aprendizagem dos mesmos ao entrarem na Universidade. A escolha do foco de discussão foi pautada em dados obtidos no decorrer da pesquisa.

Contextualizando a análise, esclarece-se, como já descrito anteriormente, que o vestibular para a entrada de alunos no Bacharelado em Bioquímica da UFSJ ocorre semestralmente desde a abertura do curso de graduação. Porém, houve uma exceção na dinâmica de aprovação em um dos semestres letivos.

Nesse semestre em questão, não houve o processo de aprovação por vestibular no início do semestre, e a entrada de alunos ocorreu de acordo com a lista de classificados do semestre anterior. Ou seja, os alunos matriculados no curso foram aqueles classificados que não tinham sido chamados para ocupar uma vaga no semestre anterior.

O acesso diferenciado dos alunos ao curso somente chamou a atenção porque foi detectado nos dados da pesquisa uma aparente discrepância.

**Quadro 5** – Porcentagem de médias de acertos gerais do **QLV** em quatro (4) Períodos consecutivos do curso, referente a levantamento de dados de dois (2) semestres letivos consecutivos.

Períodos Consecutivos	n	n+1	n+2	n+3
Média de Acertos Gerais (Coleta 1)	38,1%	48,6%	39,1%	57,6%
Média de Acertos Gerais (Coleta 2)	38,7%	48,6%	54,8%	49,5%

Obs.: A identidade exata do período analisado foi suprimida (n = número/identidade do Período) por motivos éticos.

Os dados destacados no **Quadro 5** referem-se justamente ao conjunto de dados dos alunos que tiveram a entrada diferenciada no curso de Graduação em Bioquímica.

Pode-se observar pelos dados que os alunos que tiveram acesso à Universidade classificados em posições com número maior aparentemente apresentaram uma maior dificuldade para resolver as questões do QLV.

Nas seções deste texto destinadas à discussão das questões, foi detectado indícios de que os alunos podem estar tendo um comprometimento de seu desempenho universitário devido a problemas de formação na Educação Básica, como por exemplo, a dificuldade de desenvolver análises lógico-matemáticas.

Esses problemas de difícil solução já foram detectados pela Universidade, sendo propostas iniciativas de Nivelamento destinadas ao 1º Período dos cursos de Graduação.

Esses Nivelamentos consistem em abordagens de conteúdos do Ensino Médio junto aos alunos, através da intervenção de monitores e tutores. Ainda não há dados que comprovem a eficácia dessa iniciativa.

Salienta-se que o desempenho dos alunos com entrada diferenciada foi aumentando no decorrer dos Períodos, chegando-se a uma situação de aprendizagem

em que a média de acertos desses alunos não mais pôde ser diferenciada. Assim, defende-se que o acesso à oportunidade de aprendizagem proporcionada, bem como o esforço próprio dos discentes, resultou em um quadro de aprendizagem em que os referidos alunos puderam apresentar desempenho semelhante ao de outras turmas em Períodos mais avançados.

Aparentemente, problemas de formação em nível básico podem atrapalhar o desempenho dos alunos na Educação Superior e, dependendo da profundidade da defasagem de aprendizagem detectada, pode acabar inviabilizando a compreensão de conceitos avançados, resultando em repetência e evasão.

O problema de desempenho resultante de uma formação inadequada em nível básico não está relacionado à incapacidade dos alunos em aprenderem, mas sim à falta de oportunidade de se ter acesso à informação e à um processo de aprendizagem efetivo.

Problemas graves de formação básica dificilmente serão sanados a partir do trabalho desenvolvido nas disciplinas da grade curricular, por intervenção de professores que atuam em Nível Superior, pois, além da abordagem de conteúdos do Ensino Básico comprometer o tempo disponível para o ensino de conceitos mais complexos e específicos, também depara-se com o fato de que esses professores não direcionaram sua formação para o ensino em nível básico, como, por exemplo, não tiveram acesso às metodologias de Alfabetização e Letramento em Língua Portuguesa (o problema de domínio sobre a Língua Portuguesa culta tem causado problemas em disciplinas diversas. Como exemplo, pode-se citar que problemas no entendimento da Matemática tem se relacionado fortemente ao fato de que os alunos não conseguem compreender as informações textuais dos problemas propostos).

Assim, de acordo com o observado, esses problemas quanto à formação básica dos alunos não podem ser ignorados ao fazer-se o levantamento dos possíveis motivos para o baixo desempenho dos alunos na aprendizagem de Bioquímica em situações específicas.

### ***Professores***

No levantamento de dados desta pesquisa encontrou-se indícios de que os professores de diferentes Instituições de Ensino Superior, cujos dados foram selecionados para análise, estão tendo dificuldade em detectar problemas de aprendizagem básicos no processo didático-pedagógico.

Um exemplo deste fato foi a situação detectada quanto a interpretação discente sobre o uso das setas de reversibilidade (foco da intervenção pedagógica desta pesquisa).

Fazer um diagnóstico de aprendizagem sobre os conteúdos básicos que os alunos devem compreender é extremamente benéfico para o processo de ensino-aprendizagem.

Os próprios questionários usados nesta pesquisa podem ser usados para analisar o nível de aprendizagem, propiciando reflexões importantes sobre a condução dos trabalhos didáticos.

Em situações críticas de aprendizagem os professores podem recorrer a entrevistas informais, feitas a partir de uma postura dialógica de ensino, onde possa-se perguntar diretamente para os alunos porque determinadas respostas foram dadas/marcadas em detrimento de outras.

A ideia de que os professores podem pautar suas posturas pedagógicas em teorias de aprendizagem que prezem pela construção do conhecimento é justa e verdadeira, desde de que as iniciativas educacionais não sofram distorções político-ideológicas.

### ***Currículo***

De acordo com a Grade Curricular disponível no PPP do Bacharelado em Bioquímica/UFSJ/2010, as disciplinas básicas para a formação do Bacharel em Bioquímica encontram-se agrupadas até aproximadamente metade do curso.

Pode-se observar, em diferentes períodos, uma elevada carga horária de várias disciplinas interpretadas como de difícil compreensão em um mesmo período. Isso pode ser interpretado como um ponto negativo no processo de formação discente.

O fato do Bacharelado em Bioquímica da UFSJ estar vinculado ao Conselho Regional de Química (CRQ) não deve ser desprezado, pois isso implica em uma estruturação do curso que contemple as exigências do CRQ. Entretanto, vale a pena pensar-se na possibilidade de se rediscutir a presença e a carga horária das disciplinas que constam no currículo do curso.

O tempo de duração do curso também é algo que pode ser analisado. Se ficar constatado que as disciplinas do curso não deverão sofrer alterações, poder-se-á pensar de forma positiva na hipótese de que o tempo de integralização do curso seja maior, visando uma possível redistribuição das disciplinas nos períodos.

### III) CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como em todos os testes de diagnóstico de aprendizagem, são necessários cuidados especiais no uso dessas ferramentas, sendo indicada uma aplicação presencial dos Questionários, sob a supervisão de um responsável, para uma garantia mínima de que as respostas sejam individuais e que os alunos efetivamente se concentrem na tarefa.

De forma prática, a média de acertos no Questionário é um indicativo inicial para o educador ter um diagnóstico das habilidades visuais da turma que está sendo avaliada, contribuindo no planejamento pedagógico ao considerar a necessidade de se introduzir atividades didático-pedagógicas de visualização no processo de Ensino e Aprendizagem. Assim, tenta-se contribuir para a compreensão de Representações Externas, objetivando-se aumentar o nível de Literacia Visual dos alunos, principalmente no que se refere ao estudo das Vias Metabólicas.

A investigação do nível de Literacia Visual de alunos do Bacharelado em Bioquímica da UFSJ a partir do QLV forneceu indícios de que o mesmo aparentemente precisa de ajuste. A diferença no nível de LV do primeiro e do último período do curso não foi acentuada, além de inferir-se que a média de acertos do 8º período pode ser melhorada.

Os dados coletados na aplicação do Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual indicaram uma distribuição consistente da porcentagem da média de acertos discentes, demonstrando distinção estatística entre os resultados do 1º e do 8º Períodos, o que indica um aumento de aprendizagem na Literacia Visual no decorrer do curso.

As **Questões 5 e 7** apresentaram grande capacidade de diferenciação da aprendizagem de Literacia Visual, enquanto as **Questões 1, 4, 6, 8, 9 e 11** apresentaram um nível moderado de diferenciação. As **Questões 2, 3, 10 e 12** demonstraram uma baixa contribuição na distinção do grau de aprendizagem de Literacia Visual.

Salienta-se que o fato do grau de Literacia Visual das questões ter variado não interferiu na tentativa de análise do processo de aprendizagem, pois, mesmo as questões que apresentaram baixo nível de distinção de aprendizagem entre os períodos, forneceram informações importantes quanto à postura dos alunos frente ao domínio de conteúdo visual e, em alguns casos, forneceram informações relevantes quanto à aprendizagem de cunho conceitual.

Não obstante algumas discrepâncias encontradas quanto às opiniões do grau de dificuldades das questões do QLV, parece haver uma tendência geral em se avaliar as mesmas de forma semelhante, notando-se posturas parecidas entre os professores/especialistas que analisaram as questões. Entretanto, verifica-se um certo descompasso entre as análises docentes e os resultados dos alunos, principalmente no que se refere às **Questões 2, 6, 9, 10, 11, 12**. Esse dado pode indicar uma necessidade de ajustes no processo didático-pedagógico, para que os problemas possam ser sanados ou pelo menos minimizados, pois a análise sugere que os alunos estão apresentando dificuldades em interpretar elementos visuais e conceituais sem que professores, de um modo geral, tenham consciência do fato.

Apesar dos resultados indicarem o uso acentuado de representações/símbolos matemáticos e químicos nas interpretações visuais discentes, verificou-se que o uso de representações diferenciadas para representar os processos químicos e bioquímicos

pode ser facilmente detectado nas posturas discentes, indicando que os alunos não oferecem oposição ao uso de linguagens esquemáticas e pictóricas ao expressar seu conhecimento e, conseqüentemente, não oferecem oposição à aprendizagem de conteúdos usando essa linguagem, desde que as representações sejam devidamente explicadas e aplicadas aos conteúdos.

As posturas dos professores quanto ao uso das representações visuais em situações contextualizadas parece ser um ponto crítico, pois os mesmos têm o potencial de difundir interpretações próprias dos símbolos usados na compreensão de processos químicos e bioquímicos, havendo a necessidade de fazer-se uma reflexão sobre posturas pedagógicas e conceituais. Saliencia-se a importância de que os docentes incentivem os alunos a terem contato com livros didáticos de boa qualidade, enfatizando a interpretação e o uso correto das linguagens visuais, sem que esse fato implique na coibição da internalização de interpretações próprias dos professores sobre os fenômenos bioquímicos, desde que tais internalizações não resultem em uso do conhecimento de forma conceitualmente equivocada.

Também salienta-se a importância do ajuste didático-pedagógico quanto ao discurso dos professores ao ensinarem conceitos específicos da área de Bioquímica (e também da Química), pois a postura e a linguagem docente quanto aos conceitos bioquímicos pode gerar obstáculos epistemológicos difíceis de serem corrigidos no processo de formação discente.

Durante a análise dos dados foram identificadas pelo menos três (3) questões (**Questão 1, 3 e 12**) cuja a estrutura merece ser analisada de forma mais acentuada.

Identificou-se nas **Questões 1 e 3** problemas relacionados ao uso incorreto de linguagem visual na estrutura das mesmas. Os dados coletados na **Questão 12**

forneceram indícios de que pode haver um problema em seu enunciado, causando confusão na interpretação da mesma.

Salienta-se que a proposição de alteração/reformulação das questões só poderá ser testada com a coleta de novos dados, em trabalhos futuros.

Indícios de que problemas de ordem lógico-matemática podem contribuir de forma negativa no processo de ensino e aprendizagem de Literacia Visual também foram detectados. Esse dado tem implicações didático-pedagógicas de difícil solução, pois evidencia problemas educacionais com raízes mais profundas, ligadas ao ato pedagógico em nível básico (Educação Básica). A proposição de exercícios de desenvolvimento lógico e fixação é extremamente importante para que uma abordagem efetiva de minimização, ou mesmo resolução, do problema, seja levada a efeito.

O QLV foi útil para demonstrar que as habilidades visuais medidas são desenvolvidas gradualmente em toda a vida acadêmica dos alunos. A natureza complexa das vias bioquímicas, somada à falta de familiaridade dos alunos com os mapas metabólicos exigem tempo para que as devidas explicações sobre as representações visuais possam ser feitas. A abordagem do QLV baseou-se em representações visuais usualmente relacionadas com elementos usados na representação de reações químicas, as quais os alunos têm acesso geralmente antes de estudar conteúdos específicos da área de Bioquímica. Assim, usar um tempo maior discutindo representações visuais de reações químicas pode ajudar os alunos a compreenderem melhor o Metabolismo.

Os bioquímicos experientes têm grande familiaridade com as representações visuais das Vias Metabólicas, pois já desenvolveram as habilidades necessárias para ler e para representar visualmente as vias. Quando os alunos têm os primeiros contatos

com o conteúdo de Metabolismo, não têm a mesma capacidade dos professores de interpretar as informações da representação visual. Durante as aulas, os professores muitas vezes se focam no processo representado nos diagramas, e geralmente dão menor atenção à estrutura dos diagramas de si (o que também exige atenção para que haja melhor compreensão). Uma sugestão que pode dar bons resultados quanto ao ensino de Vias Metabólicas é a de explicar primeiro o que são mapas metabólicos, como eles são construídos, e como lê-los.

O levantamento de dados sobre o nível de Literacia Visual dos alunos propiciou os subsídios de análise necessários para a proposição da atividade de intervenção.

A intervenção pedagógica proposta constituiu-se em uma atividade avaliada como positiva, pois os resultados obtidos indicaram uma possível melhora na identificação correta dos símbolos de reversibilidade usados nas equações químicas de contextos bioquímicos. Através da estruturação e aplicação de atividades simples (inclusão de informações sobre a representação de reversibilidade nas aulas e proposição de resolução de exercícios) pôde-se verificar um aumento no número de acertos da

## **Questão 2.**

Verificou-se que os erros cometidos pelos alunos na resolução dos exercícios propostos na intervenção relacionaram-se à inabilidade de usar as representações de forma lógica, e não ao fato de que as representações eram inadequadas do ponto de vista da interpretação do esquema reacional, ou seja, de sua simbologia, segundo a interpretação discente.

A análise dos resultados da intervenção levou a inferir-se que, mesmo após intervenção, os alunos ainda tenderam a usar representações/símbolos mais familiares,

apesar de passarem a reconhecer novas representações como parte de sua linguagem visual.

O levantamento inicial do nível de Aprendizagem de Bioquímica dos alunos do curso indicou que a mesma aparentemente precisa de ajuste. Verificou-se que a diferença entre as porcentagens médias de acertos dos alunos do 1º e do 8º Período no QCB foi baixa. Também pôde-se verificar que a porcentagem de acertos dos alunos do 8º Período do curso deve ser analisada de forma mais criteriosa.

Os dados do QCB corroboraram a hipótese de que os conhecimentos bioquímicos dos alunos possam ser influenciados pelo nível de desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático dos discentes. Além disso, pôde-se verificar que interpretações bioquímicas que fazem uso de interdisciplinaridade apresentam nível de dificuldade maior quanto a aprendizagem dos conteúdos.

Ao tentar-se estabelecer possíveis vínculos de aprendizagem entre o nível de Literacia Visual e o nível de Aprendizagem dos alunos, verificou-se que a comparação entre o QLV e o QCB forneceu elementos complementares na análise da evolução de aprendizagem dos alunos, defendendo-se a ideia de que a medida que os alunos avançam em sua aprendizagem conceitual do conteúdo Bioquímico, eles também desenvolvem e exercitam as habilidades visuais necessárias para promover o aumento do nível de Literacia Visual, e que a aprendizagem de conteúdos Bioquímicos pauta-se no uso de linguagens visuais, associando os processos de aprendizagem.

Mesmo levando-se em consideração que o Questionário de Aprendizagem de Literacia Visual (QLV) foi desenvolvido de forma que as questões apresentassem o mínimo de dependência conceitual possível, constatou-se nesta pesquisa indícios de

que questões (**Questão 3, 4, 5, 7, 9, 11 e 12**) que constituem o QLV apresentaram características interpretativas ligadas à aprendizagem de elementos conceituais.

Verificou-se que o QCB fez uso acentuado de linguagens visuais em sua estruturação, corroborando a ideia de que o Ensino de Bioquímica não será desenvolvido a bom termo sem o desenvolvimento consciente e contextualizado da Literacia Visual.

Assim, a partir dos resultados obtidos na aplicação dos Questionários, depreendeu-se que os mesmos poderiam ser usados para comparação entre o aumento do nível de Literacia Visual e o aumento do conhecimento específico de Bioquímica, podendo-se verificar que as habilidades visuais e o domínio de conhecimentos bioquímicos aumentaram no decorrer do curso.

Os dados obtidos a partir do QLV e do QCB poderão ser usados como ponto de partida para que os responsáveis pela condução do curso de Graduação em Bioquímica da UFSJ possam analisar a situação e se posicionar em relação ao fato.

O diagnóstico produzido com o QLV pode vir a servir de base para o replanejamento do uso das ferramentas visuais disponíveis nos materiais didáticos destinados ao Ensino de Bioquímica. O diagnóstico obtido com o QCB poderá auxiliar na reflexão sobre a estrutura e o planejamento de ensino da Graduação em Bioquímica. Ambos poderão sinalizar para os docentes do curso analisado os possíveis pontos críticos que merecem maior atenção e reposicionamento didático-pedagógico.

#### IV) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. E. B. de (2006) *Educação à distância no Brasil: diretrizes políticas, fundamentos e práticas*. Centro de Educação Continuada em Educação Matemática, Científica e Ambiental. UNESP. Acesso em 30/09/2007.

<http://cecemca.rc.unesp.br/cecemca/EaD/artigos/atigo%20Beth%20Almeida%20RIBIE.pdf>.

AMETLLER, J.; PINTÓ, R. (2002) Students' reading of innovative images of energy at secondary school level, *Int. J. Science Educ.* **24**, p. 285–312.

ANDERSON, T. R.; GRAYSON, D. J. (1994) Improving students' understanding of carbohydrate metabolism in first-year biochemistry at tertiary level. *Research in Science Education.* **24**, p. 1-10.

ANDRADE, D. F.; TAVARES, H. R.; VALLE, R. C. (2000) *Teoria da Resposta ao Item: conceitos e aplicações*. São Paulo: Associação Brasileira de estatística, 154 p.

ANDRADE, P. F. de [s.d.] Avaliação da Aprendizagem. *Portal Domínio Público*. Acesso em 01/09/2012.

<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/ea000200.pdf>.

AUSBURN, L.; AUSBURN, F. (1978a) Cognitive styles: some information and implications for instructional design *ECTJ* **26** (4) p. 337–354.

AUSBURN, L.; AUSBURN, F. (1978b) Visual literacy: background, theory and practice, *PLET* **15** (4) p. 291–297.

AVEGERINO, M.; ERICSON, J. (1997) A review of the concept of visual literacy. *British Journal of Educational Technology.* **28**, p. 280-291.

AZEVEDO, A. M. P.; LAZZAROTTO, G. B.; TIMM, M. I.; ZARO, M. A. (2004) Relato de uma experiência com o uso do Diagrama Metabólico Dinâmico Virtual do Ciclo de Krebs. Acesso em 18/01/2007.

[http://www.cinted.ufrgs.br/renote/mar2004/artigos/07-elatodeuma\\_experiencia.pdf](http://www.cinted.ufrgs.br/renote/mar2004/artigos/07-elatodeuma_experiencia.pdf).

BARREIRO-PINTO, I. A.; SILVA M. (2008) Avaliação da aprendizagem na educação online: relato de pesquisa. *Educação, Formação & Tecnologias*. Acesso em 30/11/2008. <http://eft.educom.pt/index.php/eft/article/viewFile/59/40>.

BARRY, A. M. S. (1997) *Visual Intelligence: perception, image, and manipulation in visual communication*. Albany: State University of New York Press.

BENSON, P. J. (1997). Problems in picturing text: A study of visual/verbal problem solving. *Technical Communication Quarterly*, **6**(2), p. 141-160.

BERG, J. M.; TYMOCZKO, J. L.; STRYER, L. (2010) *Bioquímica*. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1114 p.

BOONE, W. J.; SCANTLEBURY, K. (2005) The role of Rasch analysis when conducting Science Education Research utilizing multiple-choice tests. *Science Education*. **90**, p. 253-269.

BRADEN, R. A.; HORTIN, J. A. (1982) Identifying the theoretical foundations of visual literacy *Journal of Visual Verbal Languaging* **2** p. 37–43.

BROSEMER, R. W. (1989) Metabolism: Where to Begin? *Biochemical Education*, v. 17, n. 1, p. 31-33.

CAMPBELL, M. K.; FARRELL, S. O. (2008) *Bioquímica*. 5. ed. São Paulo: Thomson learning, 845 p.

CASSIDY, M. F.; KNOWLTON, J. Q. (1983) Visual literacy: a failed metaphor? *ECTJ* **31** (2) p. 67–90.

CAVALCANTE JUNIOR, F. S. (1997) Noções de Letramento. *Jornal O Povo*. mai./1997. Acesso em 12/09/2000.  
[www.cavalcantejunior.com.br/pdf/postscriptum/nocoos.pdf](http://www.cavalcantejunior.com.br/pdf/postscriptum/nocoos.pdf).

CHANLIN, L. (1999). Gender differences and the need for visual control. *International Journal of Instructional Media*, **26**(3), p. 329-335.

COCHRAN, L. (1976) Defining visual literacy *AECT Research and Theory Division Newsletter* **5** p. 3–4.

CORREIA, P. R. M.; DAZZANI, M.; MARCONDES, M. E. R.; TORRES, B. B. (2004) A Bioquímica como ferramenta interdisciplinar: vencendo o desafio da integração de conteúdos no Ensino Médio. *Química Nova na Escola*, v. 19, p. 19-23.

D'AGNOLUZZO, E. A. de M. M. Critérios e instrumentos avaliativos – reflexo de uma aprendizagem significativa. *Dia-a-dia Educação – Portal Educacional do Estado do Paraná*. Acesso em 30/08/2012.  
<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/142-4.pdf>

DEBES, J. (1968) Some foundations for visual literacy *Audiovisual Instruction*. **13** p. 961–964.

DEBES, J. (1969a) Some hows and whys of visual literacy *Educational Screen and Audiovisual Guide* 14-15 and 34.

DEBES, J. (1969b) The loom of visual literacy: an overview. *Audiovisual Instruction* **14** (8) p. 25–27.

EPP, C. (1985) Teaching Metabolic Pathways. *Biochemical Education*, v. 13, n. 2, p. 73-75.

FARDILHA, M.; SCHRADER, K. M.; CRUZ E SILVA, O. A. B. da; CRUZ E SILVA, E. F. da (2010) Understanding Fatty Acid Metabolism Through an Active Learning Approach. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, v. 38, n. 2, p. 65–69.

FARIAS, P. L. (2003) *Imagens, diagramas e metáforas: uma contribuição da semiótica para o design da informação*. In: Congresso Internacional de Design da Informação, Recife. Anais do Congresso Internacional de Design da Informação. Recife: SBDI - Sociedade Brasileira de Design da Informação, 2003. v. 1. p. 1-11. Acesso em 03/03/2014

[https://www.academia.edu/1152809/Imagens\\_diagramas\\_e\\_metaforas\\_uma\\_contribuicao\\_da\\_semiotica\\_para\\_o\\_design\\_da\\_informacao](https://www.academia.edu/1152809/Imagens_diagramas_e_metaforas_uma_contribuicao_da_semiotica_para_o_design_da_informacao)

FARIAS, P. L.; QUEIROZ, J. (2013) Os Diagramas de C. S. Peirce para as Dez Classes de Signos. *Trans/Form/Ação*, Marília, v. 36, n. 3, p. 155-172, Set./Dez.

FOX, C. M.; JONES, J. A. (1998) Uses of Rasch modeling in counseling psychology research. *Journal of Counseling Psychology*. **45**, p. 30-45.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. (2007) Bioquímica no Ensino Médio?! (De)Limitações a Partir da Análise de Alguns Livros Didáticos de Química. *Ciência & Ensino* (UNICAMP), v. 1, p. 1-10.

GALEMBECK, E.; MACEDO, D. V.; TORRES, B. B. (2003) Different Energy Sources in Sports: Introductory Software. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. v. 31, n. 3, p. 204–208.

GENRO FILHO, A. (1986) *Marxismo, filosofia profana*. Porto Alegre: Tchê, p. 29-38. <http://www.adelmo.com.br>

GRUSZYNSKI, A. C.; CASTEDO, R. (2008) Comunicação científica e cultura visual: desafios para a publicação de periódicos on-line. *LUMINA*. v. 2, n. 2.

HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. (1992) Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*. **30**, p. 141-158.

HOWITT, S.; ANDERSON, T.; COSTA, M.; HAMILTON, S.; WRIGHT, T. (2008) A Concept Inventory for Molecular Life Sciences: How will it help your teaching practice? *Australian Biochemist*. **39**, p. 14-17.

KELLNER, D. (1998). Multiple literacies and critical pedagogy in a multicultural society. *Educational Theory*, *48*(1), p. 103-122.

KLEINMAN, E. B.; DWYER, F. M. (1999). Analysis of computerized visual skills: Relationships to intellectual skills and achievement. *International Journal of Instructional*

*Media*, 26(1), 53-69. Retrieved December 26, 2001, from EBSCOhost database (Professional Development Collection).

LAILER, K. J. (1981) Symbolism and Terminology in Chemical Kinetics. *Pure & Appl. Chem.*, Grã Bretanha, INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY, Physical Chemistry Division, v. 53, p. 753—771.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. (1995) *Princípios de Bioquímica*. 2 ed. São Paulo: Sarvier, 839 p.

LEVIE, H. W. (1978) A prospectus for instructional research on visual literacy *ECTJ* 26 (1) p. 25–36.

LIMA, M. de F. M.; HETKOWSKI, T. M. (2007) *Política Educacional, Globalização e Educação a Distância*. Acesso em 01/12/2008.

[http://www.comunidadesvirtuais.pro.br/gptec/arquivos/a\\_tania1.pdf](http://www.comunidadesvirtuais.pro.br/gptec/arquivos/a_tania1.pdf).

<sup>a</sup>LOGUERCIO, R.; SOUZA, D.; DEL PINO, J. C. (2003) Grupos nos limiares do saber: o caso da Bioquímica. *Educ. Rev.* [online], n. 38, p. 193-218.

<sup>b</sup>LOGUERCIO, R.; DEL PINO, J. C.; SOUZA, D. (2003) Educação em Bioquímica – um programa disciplinar. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru/SP, v. 3, n. 2, p. 30-44.

LOGUERCIO, R.; SOUZA, D.; DEL PINO, J. C. (2007) Mapeando a educação em bioquímica no Brasil. *Ciências e cognição*. 10, p. 147-155.

LOPES, A. R. C. (1992) Livros didáticos: Obstáculos ao Aprendizado da Ciência Química (I – Obstáculos Animistas e Realistas). *Química Nova*, v. 15, n. 3, p. 254-261.

LOPES, A. R. C. (1993) Livros didáticos: Obstáculos Verbais e Substancialistas ao Aprendizado da Ciência Química. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 74, n. 177, p. 279-308, maio/ago.

LOPES, A. R. C. (1997) Conhecimento Escolar em Química – Processo de Mediação Didática da Ciência. *Química Nova*, v. 20, n. 5, p. 563-568.

LOWE, R. K. (2003) Animation and learning: selective processing of information in dynamic graphics, *Learn. Instruct.* 13, p. 157–176.

LUCKESI, C. C.(1998) Verificação ou Avaliação: O Que Pratica a Escola? *Centro de Referência em Educação Mario Covas*. Acesso em 17/09/2012.

[http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias\\_08\\_p071-080\\_c.pdf](http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/ideias_08_p071-080_c.pdf)

LUZ, M. R. M. P.; POIAN, A. T. (2005) O ensino classificatório do metabolismo humano. *Ciência e Cultura*, v. 57, n. 4, p. 43-45.

MACHADO, M. S.; HEIDRICH, D. N.; RICARDO, J.; SUGAI, J. K.; FIGUEIREDO, M. S. R. B.; ANTONIO, R. V. (2004) *Bioquímica Através da Animação*. *Extensio*, v. 1, p. 11-21.

MANACORDA, M. A. (1991) *Marx e a Pedagogia Moderna*. Trad. Newton Ramos de Oliveira. 2. ed. São Paulo: Cortez.

MAYER, E. R. (2001) Meaningful learning from words and pictures: An educational psychology of multimedia. *American Psychological Association, Newsletter for educational psychologists*. **24**.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. (2007) *Bioquímica Básica*. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 386 p.

MICHAEL, J. (2002) Misconceptions – what students think they know? *Advances in Physiology Education*. *American Psychological Society*. **26**, p. 5-6.

MONTESINOS, M. J. G. (2008) *El Análisis de Reactivos con el Modelo Rasch: manual técnico A. Serie Medición y Metodología*. Tese. Universidad de Sonora. Instituto Nacional para La Evaluacion de la Educacion. México, DF. 110p.

MORAN, J. M. (2007) *Os modelos educacionais na aprendizagem on-line*. Escola de Comunicações e Artes – USP. Acesso em 26/10/2008.  
<http://www.eca.usp.br/prof/moran/modelos.htm>.

MOREIRA, A. M. (1997). *Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa*. Acesso em 06/09/2012.  
<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>

MOREIRA, A. M. (2001). *Modelos Mentais*. Acesso em 06/07/2013.  
[http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N3/moreira.htm#numero\\_1](http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N3/moreira.htm#numero_1)

MULLER, P. (1994) Glossary of terms used in Physical Organic Chemistry. *Pure & Appl. Chem.*, Suíça, INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY, Organic Chemistry Division, v. 66, n. 5, p. 1077-1184.

MURRAY, R. K.; GRANNER, D. K.; RODWELL, V. W. (2007) *Bioquímica Ilustrada*. 27 ed. São Paulo: McGraw Hill, 620 p.

NELSON, D. L.; COX, M. M. (2011) *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. 5 ed. São Paulo: Sarvier/Artmed, 1304p.

NICHOLSON, D. E. (1972). Some reflections on metabolic cartography. *Biochemical Education*, v. 1, p. 6-7.

NICHOLSON, D. E. (1997) Further reflections on metabolic cartography – twenty five years on. *Biochemical Education*, v. 25, n. 2, p. 62-70.

NICHOLSON, D. E. (2001) IUBMB-Nicholson metabolic pathways charts. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, v. 29, p. 42-44.

NICHOLSON, D. E. (2005) From Metabolic Pathways Charts to Animaps in 50 Years. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, v. 33, n. 3, p. 156-158.

OLIVEIRA, E. A. de (2010) *Desenvolvimento e avaliação de uma ferramenta para diagnóstico da literacia visual, contextualizada no estudo de vias metabólicas*. Campinas: UNICAMP (Dissertação de Mestrado).

QUEIROZ, J. (2007) Classificações de signos de C. S. Peirce – de ‘On the logic of science’ ao ‘Syllabus of certain topics of logic’. *Trans/Form/Ação*, Marília, 30(2): 179-195.

RIBEIRO, E. S. (2010) Um estudo sobre o símbolo, com base na semiótica de Peirce. *Estudos Semióticos*. v. 6, n. 1 p. 46 –53.

RICHARDSON, D. C.; RICHARDSON, J. S. (2002) Teaching molecular 3-D literacy. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. **30**, p. 21-26.

RUSSELL, J. B. (1994) *Química Geral*. 2 ed. São Paulo: Pearson Makron Books, v. 1 e 2.

RUSSELL, J. W.; KOMZA, R. B.; JONES, T.; WYKOFF, J.; MARX, N.; DAVIS, J. (1997) Use of simultaneous - Synchronized macroscopic, microscopic and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education*. **74**, p. 330-334.

SANTOS, V. J. da S. V. dos; OLIVEIRA, E. A. de; GARZON, J. C. V.; GALEMBECK, E. (2013) Desenvolvimento e avaliação de uma ferramenta para diagnóstico de literacia visual, contextualizada no ensino de metabolismo. *Revista de Ensino de Bioquímica*, n. 1, p. 54-88.

SARDELICH, M. E. (2006) Leitura de imagens e cultura visual: desenredando conceitos para a prática educativa. *Educar*, Editora UFPR: Curitiba, n. 27, p. 203-219.

SARRAIPA, M. F. (2009) *Desenvolvimento e avaliação de um método para ensino da glicólise baseado na montagem da via metabólica assistida por computador*. Campinas: UNICAMP (Dissertação de Mestrado).

SCHÖNBORN, K. J.; ANDERSON, T. R. (2006) The Importance of Visual Literacy in the Education of Biochemists, *Biochem. Mol. Biol. Educ.* **34**, p. 94–102.

SHERRY, L. (1996) Issues in distance learning. *International Journal of Educational Telecommunications*, 1(4), p. 337-365.

SILVA, A. C. da (2003) As teorias do signo e as significações linguísticas. *Partes*, n. 39, Ano III, nov. Acesso em 03/03/2014.  
<http://www.partes.com.br/ed39/teoriasignosreflexaoed39.htm>

SILVA, E. M. da (2004) *Reflexões acerca ao Letramento: Origem, Contexto Histórico e Características*. Acesso em 19/09/2009.  
[www.cereja.org.br/pdf/20041105\\_Elson.pdf](http://www.cereja.org.br/pdf/20041105_Elson.pdf).

SILVA, A. C. T. da (2010) Ao Semiótica e história: o tempo como condição do signo. *Revista Eletrônica Boletim do TEMPO*, Ano 5, n. 31, Rio de Janeiro [ISSN 1981-3384]. Acesso em 03/03/2014.  
[http://www.tempopresente.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=5503:ao-semiotica-e-historia-o-tempo-como-condicao-do-signo-&catid=36&Itemid=127](http://www.tempopresente.org/index.php?option=com_content&view=article&id=5503:ao-semiotica-e-historia-o-tempo-como-condicao-do-signo-&catid=36&Itemid=127)

SILVEIRA, L. F. B. da (1989) CHARLES SANDERS PEIRCE: CIÊNCIA ENQUANTO SEMIÓTICA. *Trans/Form/Ação*, Marília, n. 12, p. 71-84.

SLESS, D. (1984) Visual literacy: a failed opportunity *ECTJ* **32** (4) p. 224–228.

SOARES, M. *Letramento: um tema em três gêneros*. Belo Horizonte, Autêntica, 1998.  
STOKES, S. (2002) Visual Literacy in Teaching and Learning: A Literature Perspective. *Electronic Journal for the Integration of Technology in Education*, v. 1, no. 1.

SUHOR, C.; LITTLE, D. (1988) Visual literacy and print literacy—theoretical considerations and points of contact *Reading Psychology* **9** (4) p. 469–481.

TAVARES, R.; LUNA, G. (2007) Mapas Conceituais: uma ferramenta pedagógica na consecução do currículo. *Principia*, n.15, p. 110-116.

TRISTÁN, L. A. (2002) Análisis de Rasch para Todos: una guía para evaluadores educativos. CENEVAL, México, DF.

VASCONCELLOS, C. dos S. (2000) *Planejamento; Projeto de Ensino-Aprendizagem e Projeto Político-Pedagógico*. 8. ed. São Paulo: Libertad (Cadernos Pedagógicos do Libertad, v.1).

VASCONCELLOS, L. C.; BONELLI, R. R. (2008) Desenvolvimento de um jogo de tabuleiro destinado a aumentar o nível de aprendizado e interesse do aluno pelo metabolismo energético no ensino médio. *XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba*.

VILAÇA, M. F.; FREITAS, A. (2009) Imagem e convenção visual: a questão da representação visual a partir de uma análise comparada entre Nelson Goodman (*linguagens da arte*) e Charles Peirce (*semiótica*). *O Mosaico – Rev. Pesquisa em Artes/FAP*, Curitiba, n.2, p.1-11, jul./dez.

VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C. W. (2008) *Fundamentos de Bioquímica*. 2 ed. Porto Alegre: Artmed..

VOET, J. G.; VOET, D. (2012) Donald E. Nicholson, 1916–2012 – In Memoriam. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, v. 40, n. 4, p. 221.

WILLIAMS, V. S.; DWYER, F. (1999) Effect of metaphoric (visual/verbal) strategies in facilitating student achievement of different educational objectives. *International Journal of Instructional Media*, 26(2), p. 205-211.

WRIGHT, T.; HAMILTON, S. (2008) Assessing student understanding in the molecular life sciences using a concept inventory. *In ATN Assessment 08: Engaging Students with Assessment*. p. 216-224, Adelaide, Australia.

YOKAICHIYA, D. K.; GALEMBECK, E.; TORRES, B. B. (2000) Radicais Livres de Oxigênio: Um software Introdutório. *Química Nova*, Brasil, v. 23, n. 2, p. 267-269.

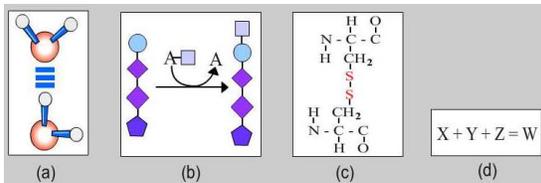
YOKAICHIYA, D. K.; GALEMBECK, E.; TORRES, B. B. (2004) Adapting a Biochemistry Course to Distance Education. *Biochemistry and Molecular Biology Education*. v. 32, n. 1, p. 27–29.

YOKAICHIYA, D. K.; FRACETO, L. F.; MIRANDA, M.; GALEMBECK, E.; TORRES, B. B. (2004) AMPc - Sinalização Intracelular: Um software Educacional. *Química Nova*, Brasil, v. 27, n. 3, p. 489-491.

# ANEXO 1 – Modelo da versão de aplicação do QLV impressa.

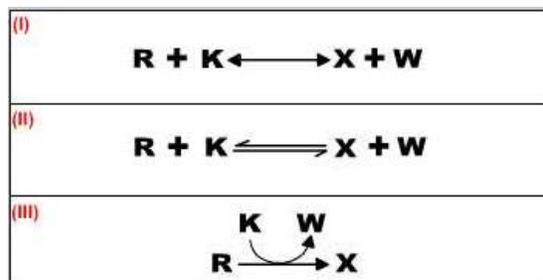
Período que o(a) aluno(a) está cursando: \_\_\_\_\_.

1) Qual das representações abaixo refere-se a uma reação química?



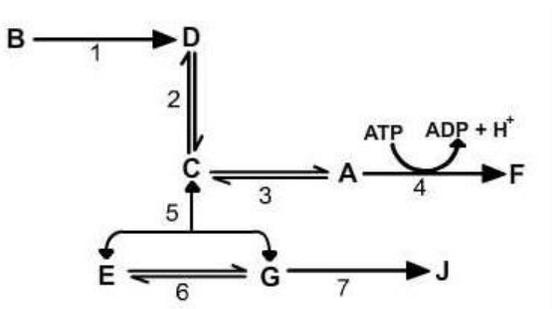
- A)  representação a.
- B)  representação b.
- C)  representação c.
- D)  representação d.
- E)  nenhuma das representações.

3) Qual das alternativas abaixo melhor define o papel dos compostos participantes das reações químicas I, II e III?



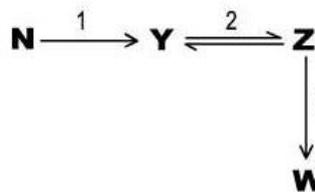
- A)  R e K são produtos nos esquemas I, II e III.
- B)  R é substrato e produto nos esquemas I, II e III.
- C)  X e W são substratos nos esquemas I, II e III.
- D)  X e W são produtos nos esquemas I, II e III.
- E)  Nenhuma das alternativas anteriores.

2) Observe as reações químicas da via metabólica hipotética abaixo. Reações reversíveis estão sendo representadas em:



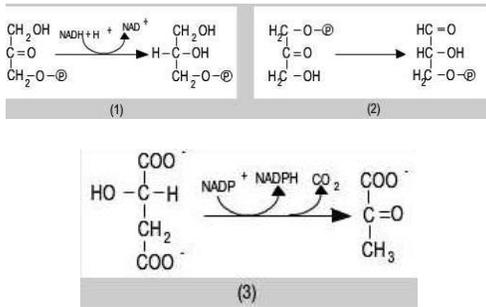
- A)  2, 3 e 6.
- B)  1, 4, e 7.
- C)  1, 4, 5 e 7.
- D)  2, 3, 5 e 6.
- E)  Todas as alternativas anteriores estão incorretas.

4) Analise substratos e produtos das reações abaixo e marque a opção correta:



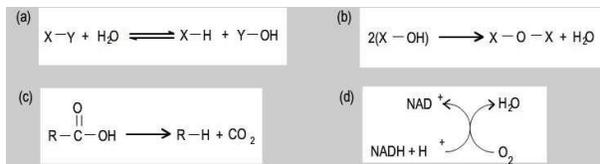
- A)  Y é substrato das reações 1 e 2, como também produto das reações 1 e 2.
- B)  W é substrato da reação 3.
- C)  Z é substrato e produto da reação 3.
- D)  N é produto da reação 1.
- E)  Todas as alternativas estão incorretas.

5) Analise as reações químicas e definições abaixo. Marque a opção correta de acordo com os esquemas:



- A) ( ) Nas reações 1 e 2 ocorreu fosforilação.  
 B) ( ) Nas reações 1 e 3 ocorreu óxido-redução.  
 C) ( ) Na reação 3 ocorreu isomerização.  
 D) ( ) Somente na reação 2 ocorreu fosforilação.  
 E) ( ) Todas as alternativas estão corretas.

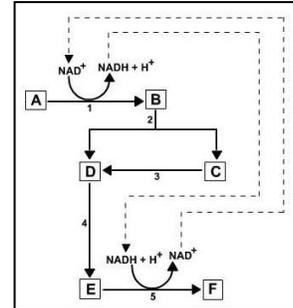
6) Os esquemas abaixo representam tipos de reações químicas. De acordo com os modelos é correto dizer que:



- A) ( ) Na reação (c) o CO<sub>2</sub> incorpora-se ao substrato formando o produto final.  
 B) ( ) Na reação (a) ocorreu a quebra do substrato e incorporação de agrupamentos de H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup> formando o produto.  
 C) ( ) Na reação (b) a adição de H<sub>2</sub>O provocou a quebra do substrato.  
 D) ( ) Na reação (d) o NAD<sup>+</sup> é o composto inicial doador de elétrons à H<sub>2</sub>O formando um composto reduzido, o NADH + H<sup>+</sup>. A H<sub>2</sub>O reduz-se a O<sub>2</sub>, que é o aceptor final de elétrons.  
 E) ( ) Todas as alternativas estão corretas.

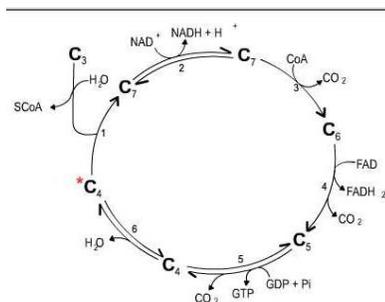
7) Num tubo de ensaio foram adicionados todas as enzimas necessárias para que ocorram as reações da via metabólica abaixo. Qual(is) o(s) composto(s) deve(m) ser adicionado(s) para:

- a) iniciar a via e  
 b) para manter a via em funcionamento.



- A) ( ) Iniciar: Somente A.  
 Manter: A e NAD<sup>+</sup>.  
 B) ( ) Iniciar: A, B, C, D, E.  
 Manter: A, B, C, D, E, F.  
 C) ( ) Iniciar: A, NAD<sup>+</sup>, NADH + H<sup>+</sup>.  
 Manter: A, NAD<sup>+</sup>, NADH + H<sup>+</sup>.  
 D) ( ) Iniciar: A e NAD<sup>+</sup>.  
 Manter: Somente A.  
 E) ( ) Nenhuma das alternativas.

8) O esquema representa uma via metabólica hipotética. Iniciando-se o ciclo na reação 1 com uma molécula C<sub>4</sub> e 10 moléculas C<sub>3</sub>, quantas moléculas C<sub>4</sub> haverá ao final de 10 voltas do ciclo?



- A) ( ) 9.      B) ( ) 10.  
 C) ( ) 1.      D) ( ) 0.  
 E) ( ) Nenhuma das alternativas anteriores.

**Informações da questão 5**

- Isomerização** = Rearranjos intramoleculares.  
**Oxido-redução** = Transferência de elétrons juntamente com a transferência de H.  
**Fosforilação** = Transferência de grupamento fosfato (P).



## ANEXO 2 – QCB (Molecular Life Sciences Concept Inventory traduzido).

Período que o(a) aluno(a) está cursando: \_\_\_\_\_.

### Módulo 1 - Estrutura Macromolecular

#### Questão 1

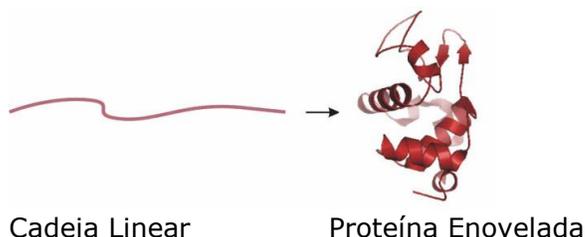
Unidades formadoras	Macromolécula
Glicose	Amido
Aminoácidos	Proteína
Nucleotídios	DNA

Três grupos importantes de compostos biológicos (proteínas, ácidos nucleicos e polissacarídeos) são macromoléculas. A tabela mostra exemplos (à esquerda) de unidades formadoras das macromoléculas (à direita). Assinale **verdadeiro**, **falso** ou **não sei** para as afirmações seguintes:

a) Quando o amido é dissolvido em água, forma-se glicose.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) Quando o amido é "quebrado" e forma glicose, são "quebradas" e formadas ligações covalentes.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) A massa de uma proteína é menor do que a soma das massas dos aminoácidos que a compõem.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

#### Questão 2

A enzima lisozima é formada de uma única cadeia polipeptídica com 129 aminoácidos. A cadeia linear dobra-se na célula, formando a enzima biologicamente ativa.

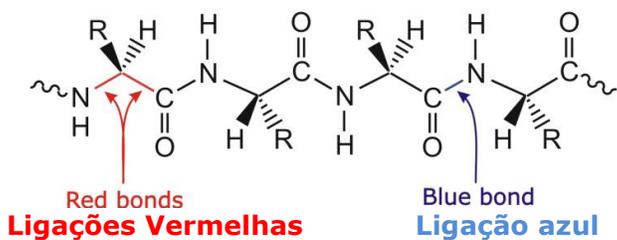


Responda:

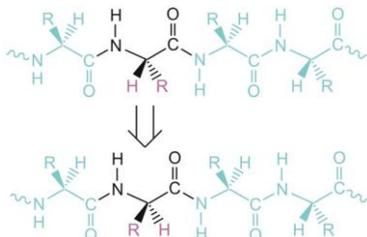
a) Todas as moléculas de lisozima ativa têm a mesma conformação.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) A molécula dobrada e a cadeia linear interconvertem-se rapidamente na célula.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) Quando a cadeia linear dobra-se, são quebradas ligações covalentes.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

#### Questão 3

O diagrama apresentado mostra a estrutura geral de parte de uma única cadeia polipeptídica, no qual R representa as cadeias laterais dos aminoácidos.

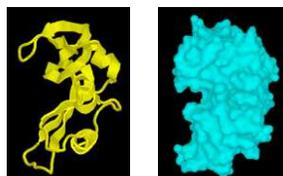


a) Quando a cadeia dobra-se, deve ocorrer rotação envolvendo as ligações mostradas em vermelho.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) Quando a cadeia dobra-se, deve ocorrer rotação envolvendo a ligação mostrada em azul.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) Os grupos R e H podem trocar de posição (como mostrado abaixo) no dobramento da proteína.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei



#### Questão 4

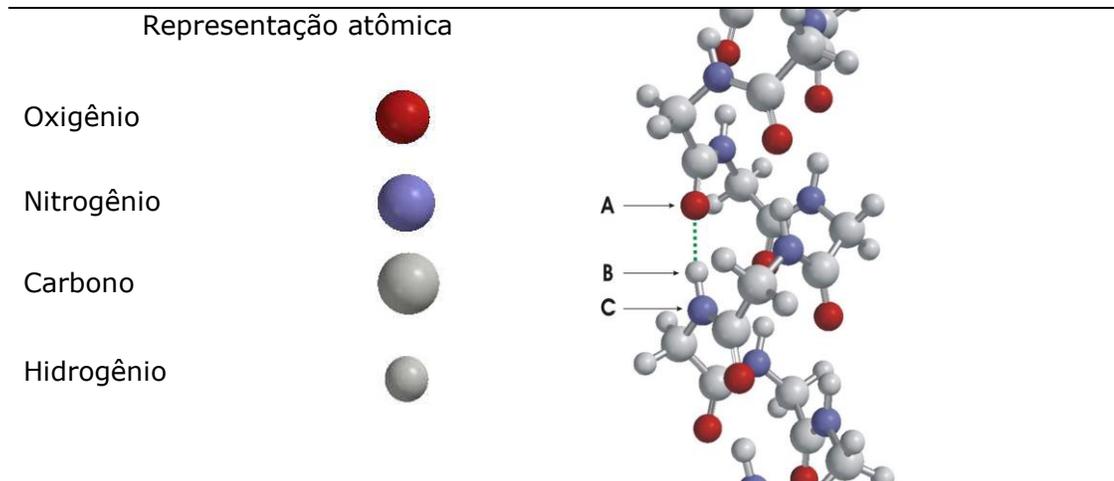
As figuras mostram duas representações da enzima ribonuclease, uma típica proteína globular.



a) Os grupos hidrofóbicos da ribonuclease agrupam-se em virtude da forte interação entre eles.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei	
b) Marque os resíduos de aminoácidos que contêm cadeias laterais hidrofóbicas.		
<p>( ) <b>A</b></p>	<p>( ) <b>B</b></p>	<p>( ) <b>C</b></p>
<p>( ) <b>D</b></p>	<p>( ) <b>E</b></p>	<p>( ) <b>F</b></p>
c) A cadeia lateral do aminoácido A é incapaz de formar ligações de hidrogênio.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei	

## Questão 5

O diagrama mostra um fragmento de um peptídeo formado por resíduos de glicina dobrado em a hélice (alfa hélice). Nesta estrutura, a ligação de hidrogênio é representada pela linha pontilhada, com o oxigênio indicado por A, o hidrogênio indicado por B e o nitrogênio indicado por C.

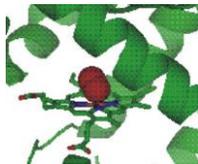


a) Tanto A como C devem ser átomos fortemente eletronegativos para que a ligação de hidrogênio possa ser formada.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) A ligação de hidrogênio A-B é mais forte quando o ângulo A-B-C tem $120^\circ$ .	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) Todos os átomos de hidrogênio podem participar de ligações de hidrogênio.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

## Módulo 2 - Equilíbrio dinâmico

### Questão 1

A mioglobina desempenha um papel importante no armazenamento de oxigênio no músculo. Em condições fisiológicas, o equilíbrio entre Mb e MbO<sub>2</sub> é alcançado muito rapidamente.



Parte de uma molécula de mioglobina com O<sub>2</sub> ligado.

a) A mioglobina liga oxigênio (O <sub>2</sub> ) e é capaz de liberá-lo sem modificações químicas.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) A molécula de oxigênio permanece ligada à molécula de mioglobina até que seja necessária.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) O oxigênio é liberado mais facilmente da MbO <sub>2</sub> quando a concentração de oxigênio é baixa porque o oxigênio é ligado mais fracamente à Mb.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

## Questão 2

Uma estudante está preparando uma solução tampão para usar em um experimento com uma enzima. Ela inicia o preparo com uma solução aquosa de ácido acético, na qual o equilíbrio seguinte é estabelecido:

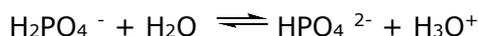


A seguir, a estudante adiciona acetato de sódio,  $\text{NaCH}_3\text{COO}$ , à solução.

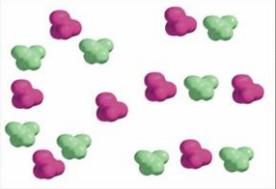
a) Um novo equilíbrio é estabelecido, com uma menor concentração de $\text{H}_3\text{O}^+$ .	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) Haverá um aumento na concentração de ácido acético, $\text{CH}_3\text{COOH}$ .	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) Não haverá mudança no pH.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

## Questão 3

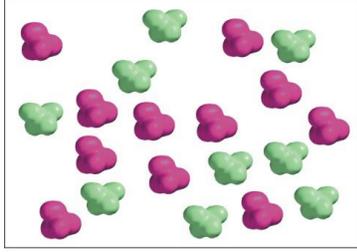
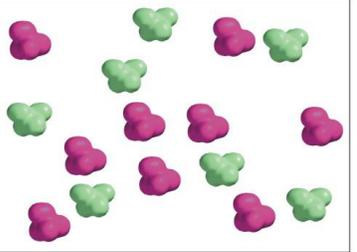
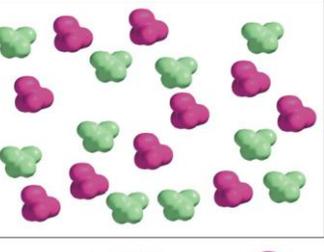
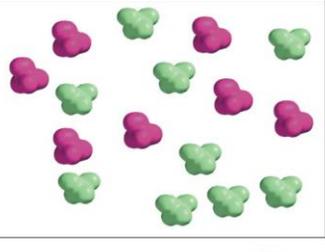
Um estudante está testando um tampão fosfato que será usado em experimentos simulando processos sanguíneos. O tampão é feito de quantidades iguais de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  e  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ . A reação envolvida é:



O diagrama abaixo representa a mistura de íons fosfato presentes no tampão. (As outras moléculas e íons foram omitidos para maior clareza)



- $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  é representado por  8
- $\text{HPO}_4^{2-}$  é representado por  8

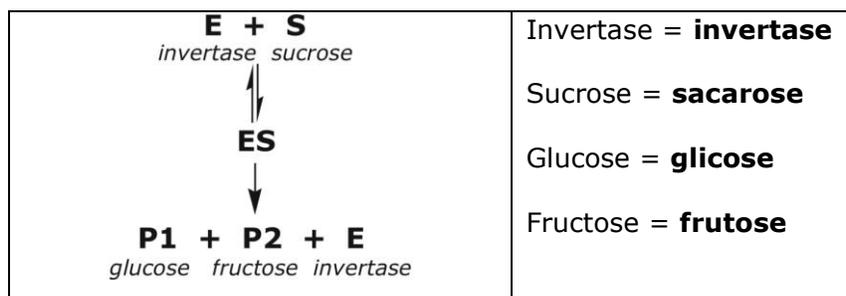
 <p style="text-align: center;">Ratio 9  : 11 </p>	<div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">A</div>
 <p style="text-align: center;">Ratio 7  : 9 </p>	<div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">B</div>
<p>Escolha um dos diagramas à direita compatível com cada uma das seguintes afirmações:</p> <p><b>Obs.: Ratio = Razão</b></p>	
 <p style="text-align: center;">Ratio 10  : 10 </p>	<div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">C</div>
 <p style="text-align: center;">Ratio 9  : 7 </p>	<div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">D</div>

a) Este é o diagrama que melhor representa um tampão com o mesmo pH do tampão inicial.	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Não sei
b) Este é o diagrama que melhor representa a adição de uma	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D

pequena quantidade de Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ao tampão inicial.	<input type="checkbox"/> Não sei
c) Este é o diagrama que melhor representa a adição de uma pequena quantidade de NaOH ao tampão inicial.	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Não sei

#### Questão 4

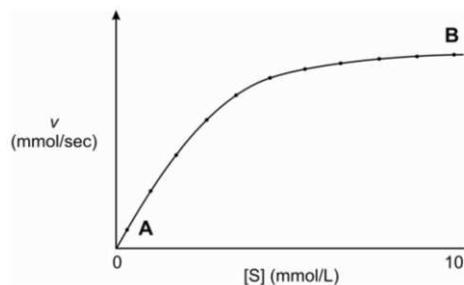
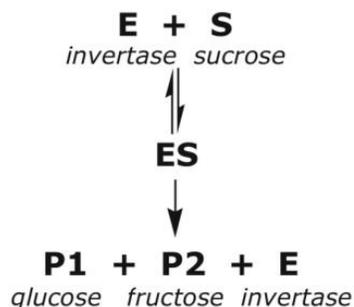
O levedo pode ser cultivado em sacarose. A enzima invertase (E) do levedo converte o nutriente sacarose (S) em glicose (P1) e frutose (P2). Primeiramente a enzima liga-se à sacarose no sítio ativo, em um rápido equilíbrio mostrado no esquema.



a) Durante a reação haverá uma mistura de E, S, ES, P1 e P2.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) A concentração de E mais a concentração de S é igual à concentração de ES.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) A reação que converte ES em P1, P2 e E faz com que a conversão de ES em E e S não ocorra significativamente.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

#### Questão 5

O gráfico abaixo descreve o modo como a enzima invertase do levedo converte sacarose em glicose e frutose.  $v$  é a velocidade inicial das reações e  $[S]$  é a concentração inicial de sacarose. A concentração inicial da enzima invertase do levedo é mantida constante em  $10^{-5}$  mmol/L.

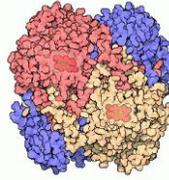
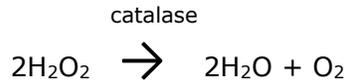


a) A reação que forma ES e a reação que quebra ES em E e S ocorrem simultaneamente.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) No ponto B a reação atingiu o equilíbrio.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) Quando a velocidade atinge seu máximo, a concentração de invertase livre é zero.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

**Módulo 3 - Reações biológicas e Catálise**

**Questão 1**

O peróxido de hidrogênio é um produto metabólico que provoca danos às membranas. A enzima catalase é encontrada no sangue e catalisa a decomposição de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> segundo a reação seguinte:

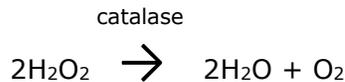


**Imagem da catalase**

a) A catalase é consumida na reação.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) A catalase provê energia para fazer com que a reação proceda mais rapidamente.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) A catalase reduz a variação de energia livre (ΔG) da reação.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

**Questão 2**

Se uma gota de sangue contendo a enzima catalase for adicionada a uma solução de peróxido de hidrogênio, o peróxido é decomposto completamente em segundos.



a) O catalisador reduz a energia de ativação da reação, mas não altera o mecanismo da reação.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) Um diagrama da reação não catalisada é mostrado à direita. Escolha o diagrama abaixo no qual a linha pontilhada melhor representa a reação catalisada (A, B, C ou D).	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <p>Free energy</p> <p>Reactants</p> <p>Products</p> <p>Reaction progress</p> </div> <div style="flex: 1;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Free energy = energia livre</li> <li>• Reactantes = reagentes</li> <li>• Produtos = produtos</li> <li>• Reaction progress = progresso da reação</li> </ul> </div> </div>
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Reaction progress</p> <p><input type="checkbox"/> A</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Reaction progress</p> <p><input type="checkbox"/> B</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Reaction progress</p> <p><input type="checkbox"/> C</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Reaction progress</p> <p><input type="checkbox"/> D</p> </div> </div> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> Não sei</p>	
c) Selecione o fator que mais se aproxima do valor pelo qual a enzima aumenta a	

velocidade da reação.

2

10

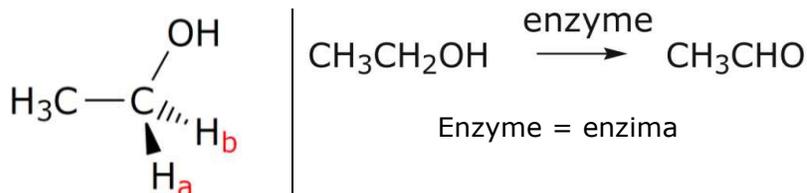
$10^8$

$10^{23}$

Não sei

### Questão 3

O etanol é convertido em acetaldeído por uma enzima que remove um dos dois átomos de hidrogênio,  $H_a$ ,  $H_b$ :

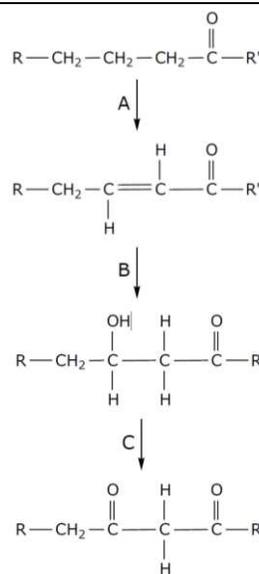


a) A enzima é capaz de distinguir os átomos $H_a$ e $H_b$ porque eles são quimicamente diferentes na molécula do etanol.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) A molécula do etanol liga-se ao sítio ativo da enzima de tal forma que os átomos $H_a$ e $H_b$ encontram-se em ambientes químicos diferentes.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) A enzima distingue $H_a$ de $H_b$ fazendo ligação de hidrogênio com apenas um deles.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

### Questão 4

Os ácidos graxos são metabolizados no organismo para liberar energia. Eles são constituídos por uma longa cadeia carbônica e um grupo ácido carboxílico. O esquema de reações mostra uma parte do processo metabólico no qual um ácido graxo, ligado a um transportador, é metabolizado. O transportador  $R'$  é um grupo orgânico, a coenzima A (SCoA).

Examine as etapas indicadas por A, B e C, e indique se elas representam uma oxidação da cadeia, uma redução da cadeia ou nenhuma das duas alternativas.

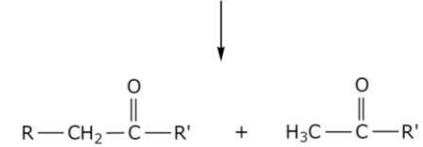


Etapas A.

- Oxidação  
 Redução  
 Nenhuma das duas  
 Não sei

Etapas B.

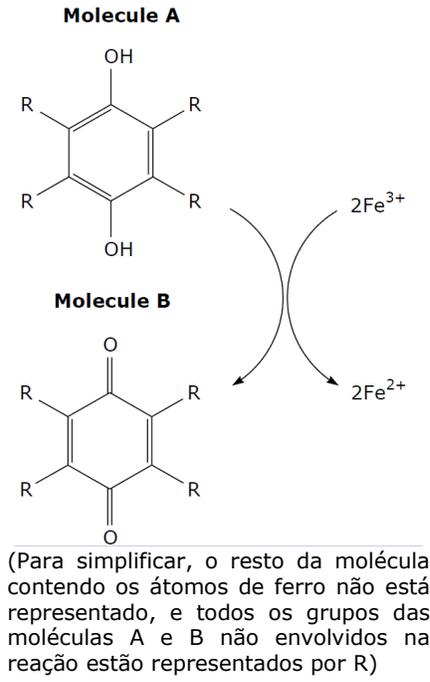
- Oxidação  
 Redução  
 Nenhuma das duas  
 Não sei

<p>Etapa C.</p> <input type="checkbox"/> Oxidação <input type="checkbox"/> Redução <input type="checkbox"/> Nenhuma das duas <input type="checkbox"/> Não sei	
--	--

**Questão 5**

Os processos de transporte de elétrons são importantes em muitos sistemas biológicos. Estes processos podem envolver moléculas contendo ferro (Fe) e compostos orgânicos chamados quinonas. Um destes processos está representado no diagrama.

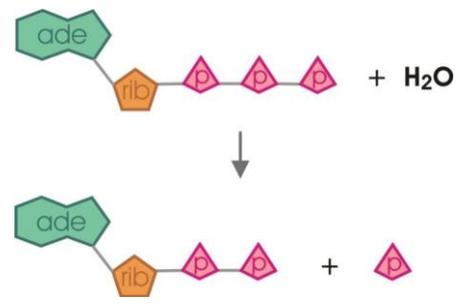
- a) A molécula A sofre uma oxidação de dois elétrons.  
 Verdadeiro  Falso  Não sei
- b) A molécula A perde H<sub>2</sub>.  
 Verdadeiro  Falso  Não sei
- c) Deve haver uma membrana entre os átomos de ferro e as moléculas A e B para separar as duas metades da reação.  
 Verdadeiro  Falso  Não sei



**Módulo 4 - Transformações de Energia**

**Questão 1**

A energia livre padrão de hidrólise do ATP ( $\Delta G^\circ$ ) é -35,7 kJ/mol em pH 7.



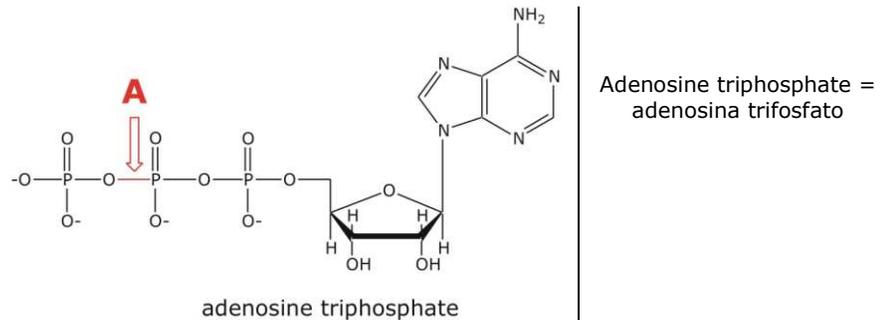
a) A reação é espontânea em condições padrão.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) Uma enzima catalisa a reação por reduzir o $\Delta G^\circ$ .	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) Pelo valor de $\Delta G^\circ$ pode-se prever que a hidrólise ocorrerá prontamente em pH 7.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

## Questão 2

A conversão celular do ATP em ADP é capaz de promover processos termodinamicamente desfavoráveis, como a transformação de glicose em glicose-6-fosfato.



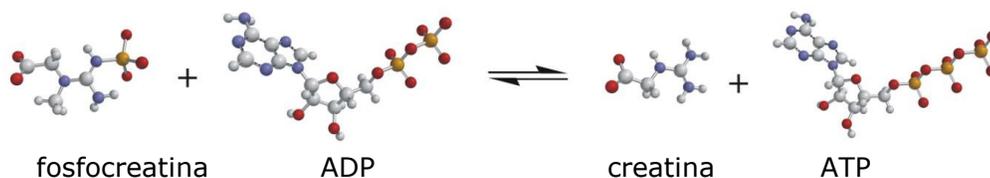
Na reação a ligação **A** "quebra-se":



a) O ATP é capaz de promover a reação porque a energia da conversão de ATP em ADP torna a reação total favorável.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) A quebra da ligação <b>A</b> libera energia.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) A molécula de ATP é uma boa fonte de energia devido às fortes ligações P-O formadas na reação.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

## Questão 3

Nos primeiros segundos de um exercício vigoroso, o ATP é consumido rapidamente pelas células musculares em contração e, no entanto, sua concentração não diminui significativamente. Isto ocorre porque a reação abaixo é capaz de manter a concentração celular de ATP. (A reação é catalisada por uma enzima.)



No músculo em repouso a reação está efetivamente em equilíbrio e a  $K_{eq}$  é 160. A energia livre padrão da reação é  $\Delta G^0 = -12.5 \text{ kJ/mol}$  em  $\text{pH}=7$ .

a) No músculo em repouso não há reação em nenhum dos dois sentidos.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) A reação que forma fosfocreatina ocorrerá espontaneamente se a razão ATP:ADP tornar-se suficientemente grande.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) A reação que forma fosfocreatina tem $\Delta G^0 = +12.5 \text{ kJ/mol}$ e, portanto, não é espontânea nas células musculares.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

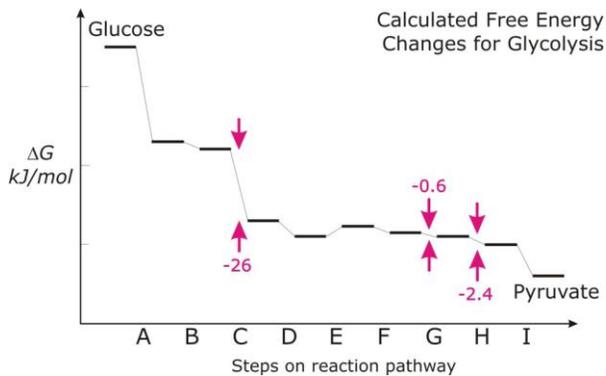
### Questão 4

Os atletas ingerem refeições contendo grandes quantidades de carboidratos e gorduras quando estão em treinamento, mas o seu peso (massa) corpóreo permanece praticamente constante. O que ocorre com a maior parte da massa consumida?

a) É convertida em fezes e eliminada do corpo.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) É convertida em energia.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) É liberada como dióxido de carbono e água.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
d) É convertida em adenosina trifosfato, ATP.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

### Questão 5

A via glicolítica é uma sequência de reações metabólicas que convertem glicose em piruvato.



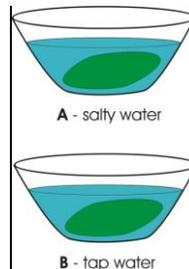
- Glucose = Glicose
- Pyruvate = Piruvato
- Calculated Free Energy Changes for Glycolysis = Variação de energia livre calculada na Glicólise
- Steps on reaction pathway = Etapas das reações da via

a) A etapa G está longe do equilíbrio.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) O pequeno valor de $\Delta G$ na etapa H significa que o fluxo de material neste ponto da via pode ser regulado por mudanças na concentração do substrato.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) A regulação enzimática do fluxo de material na via será menos efetiva na etapa C do que na etapa G.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

## Módulo 5 - Difusão

### Questão 1

Um cozinheiro parte uma folha de alface ao meio e coloca metade em uma vasilha (A) contendo uma solução saturada de sal e metade em uma vasilha (B) contendo água de torneira.



A - salty water = água salgada

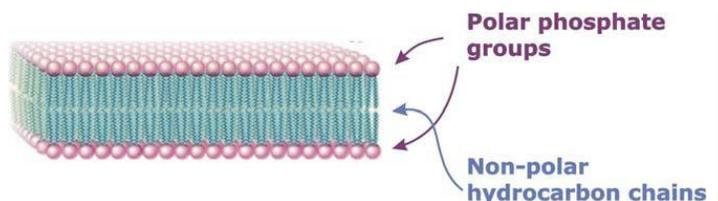
B- tap water = água de torneira

a) A folha de alface na vasilha A torna-se murcha porque a água difunde-se das células da folha para a água salgada.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) Na vasilha B a água difunde-se, saindo das células	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

da folha.	
c) A entropia aumenta durante os processos que ocorrem nas vasilhas <b>A</b> e <b>B</b> .	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

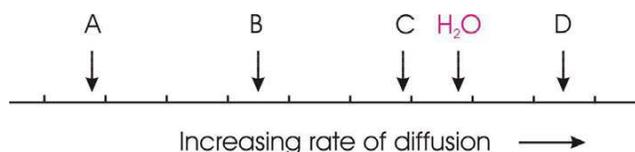
### Questão 2

Membranas simples fosfolipídicas são agregados de moléculas de fosfolipídios, cada uma das quais contém um grupo fosfato polar e duas cadeias carbônicas não polares. Na membrana, as moléculas organizam-se em uma bicamada, como está mostrado no diagrama esquemático.



- Polar phosphate groups = grupos fosfato polares
- Non-polar hydrocarbon chains = cadeias carbônicas não polares

Uma estudante planejou um experimento no qual ela fez uma membrana composta apenas de fosfolipídios e mediu a velocidade com que diferentes moléculas difundiam-se através da membrana.



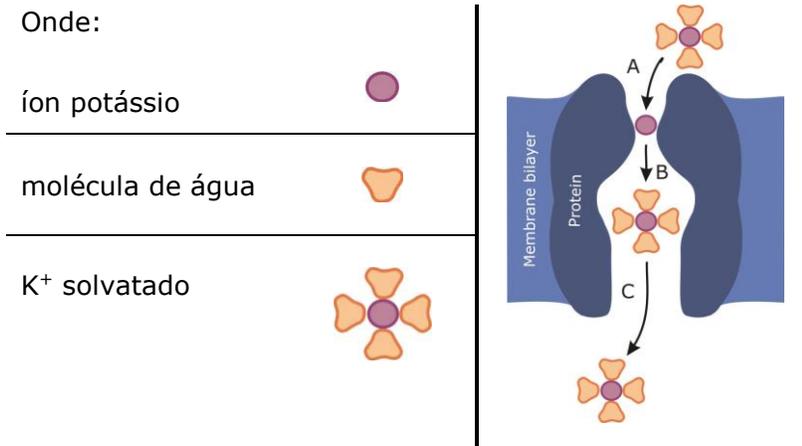
- Increasing rate of diffusion = aumento da velocidade de difusão

Escolha no gráfico a posição (letra) compatível com cada uma das seguintes moléculas ou íons:

- |                           |  |  |
|---------------------------|--|--|
| a) Glicose $C_6H_{12}O_6$ |  | <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Não sei |
| b) Benzeno $C_6H_6$       |  | <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Não sei |
| c) Indol $C_8H_7N$        |  | <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Não sei |
| d) Íon sódio $Na^+$       |  | <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Não sei |

### Questão 3

Os íons potássio podem difundir-se através das membranas celulares por meio de um canal formado por uma molécula de proteína. O esquema abaixo mostra um corte transversal do canal.

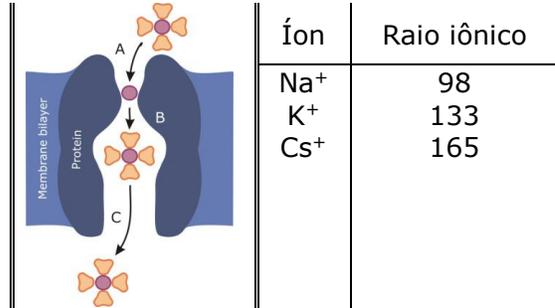


Escolha da lista de descrições (1-6) a explicação molecular mais precisa para as etapas de **A** a **C**

<p><b>A</b></p> <p><input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> Não sei</p>	<p><b>1.</b> A proteína organiza as moléculas de água em volta do íon potássio.</p> <p><b>2.</b> O íon potássio perde moléculas de água de modo a poder ajustar-se à parte mais estreita do canal e transpô-lo.</p> <p><b>3.</b> As moléculas de água de solvatação substituem os grupos da proteína à medida que o íon potássio deixa a parte estreita do canal.</p> <p><b>4.</b> O íon potássio atravessa o canal em virtude da menor concentração de íons potássio no citoplasma.</p> <p><b>5.</b> O íon potássio solvatado é empurrado para fora do canal pela proteína.</p> <p><b>6.</b> Grupos da proteína substituem as moléculas de água de solvatação à medida que o íon potássio entra na parte estreita do canal.</p>
<p><b>B</b></p> <p><input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> Não sei</p>	
<p><b>C</b></p> <p><input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> Não sei</p>	

### Questão 4

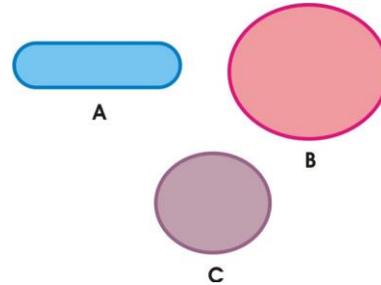
Os íons potássio podem difundir-se através das membranas celulares por meio de um canal formado por uma molécula de proteína. O canal é seletivo, permitindo a passagem de potássio e impedindo a de sódio e céσιο.



a) Os íons céσιο devem passar mais devagar através do canal porque são maiores do que os íons potássio.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) Os íons sódio são mais fortemente solvatados do que os íons potássio o que torna mais difícil para o sódio passar pelo canal.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) Selecione o diagrama que representa melhor a variação de energia livre ( $\Delta G$ ) da passagem de íons potássio pelo canal.	
<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> Não sei	
<p><b>A</b></p> <p>Free energy changes passing into the cell</p> <p>Outside the cell    In the channel    Inside the cell</p>	<p><b>B</b></p> <p>Free energy changes passing into the cell</p> <p>Outside the cell    In the channel    Inside the cell</p>
<p><b>C</b></p> <p>Free energy changes passing into the cell</p> <p>Outside the cell    In the channel    Inside the cell</p>	<p><b>D</b></p> <p>Free energy changes passing into the cell</p> <p>Outside the cell    In the channel    Inside the cell</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Free energy changes passing into the cell = Mudanças de energia livre ao passar para dentro da célula</li> <li>• Outside the cell = Fora da célula</li> <li>• In the channel = No canal</li> <li>• Inside the cell = Dentro da célula</li> </ul>	

### Questão 5

Muitas células bacterianas dependem de reações que consomem oxigênio para obter energia. Estas células obtêm oxigênio molecular por difusão através da membrana plasmática do oxigênio presente no meio ambiente. Admita que os volumes das células **A** e **C** são iguais e que **B** tem o dobro do volume de **A** e **C**. Todas as células estão no mesmo meio. Responda as questões seguintes:

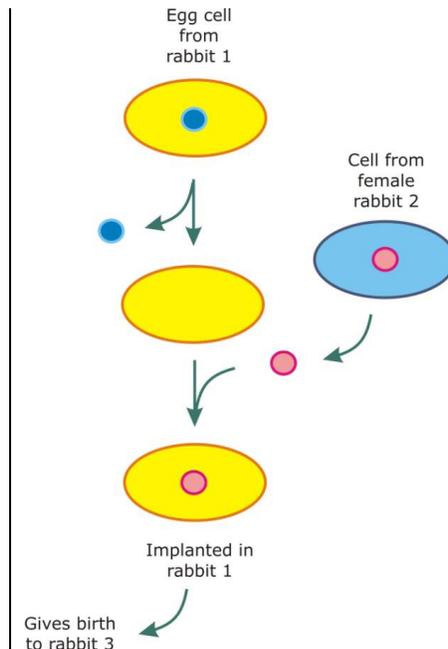


a) Que célula deve atingir primeiro o estado estacionário com relação à concentração de oxigênio quando colocadas no meio?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> Não sei
b) Qual célula tem a menor razão entre a área da superfície e o volume?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> Não sei
c) Qual célula deve sofrer mais a falta de oxigênio?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> Não sei

### Módulo 6 - Código Genético

#### Questão 1

Depois da clonagem bem sucedida da ovelha Dolly em 1996, os cientistas estão refinando suas investigações, clonando animais menores, como coelhos. No processo ilustrado à direita, o núcleo de uma célula ovo de uma coelha saudável em idade reprodutiva (coelha 1) é substituído pelo núcleo de uma célula somática de uma fêmea de coelho (coelha 2). A célula ovo manipulada é implantada na coelha 1, que deu à luz normalmente ao coelho 3.

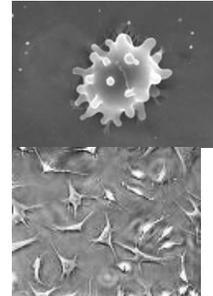
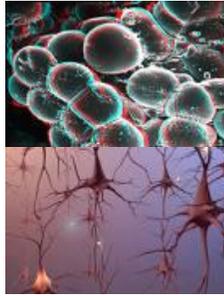


- Egg cell from rabbit 1 = célula-ovo da coelha 1
- Cell from female rabbit 2 = Célula da fêmea (Coelha 2)
- Implanted in rabbit 1 = Implantado na Coelha 1
- Gives birth to rabbit 3 = Dá à luz coelhos 3

a) O coelho 3 é geneticamente idêntico ao coelho 2.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) O coelho 3 deve ser macho.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) O DNA do coelho 3 que codifica as proteínas musculares também é encontrado nas suas células nervosas.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

## Questão 2

As células adiposas, sanguíneas, ósseas e nervosas têm diferentes funções, mas todas se derivam do mesmo tipo de célula – a célula tronco.



a) Cada tipo de célula contém diferentes tipos de DNA.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) Estas diferentes células são formadas como resultado de mutações das células tronco.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) Todos os tipos de célula contêm o mesmo conjunto de proteínas.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

## Questão 3

A sequência do RNA é escrita usando quatro letras representando as quatro bases. A tabela mostra o código genético para a tradução do mRNA em proteínas (aminoácidos).

UUU phe	UCU ser	UAU tyr	UGU cys
UUC phe	UCC ser	UAC tyr	UGC cys
UUA leu	UCA ser	UAA stop	UGA stop
UUG leu	UCG ser	UAG stop	UGG try
CUU leu	CCU pro	CAU his	CGU arg
CUC leu	CCC pro	CAC his	CGG arg
CUA leu	CCA pro	CAA gln	CGA arg
CUG leu	CCG pro	CAG gln	CGG arg
AUU ile	ACU thr	AAU asn	AGU ser
AUC ile	ACC thr	AAC asn	AGC ser
AUA ile	ACA thr	AAA lys	AGA arg
AUG met	ACG thr	AAG lys	AGG arg
GUU val	GCU ala	GAU asp	GGU gly
GUC val	GCC ala	GAC asp	GGC gly
GUA val	GCA ala	GAA glu	GGA gly
GUG val	GCG ala	AGA glu	GGG gly

a) Este é o código genético para os humanos. O código genético para outros animais difere, dependendo de quão próximo do homem é o animal considerado.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) O código genético é a sequência de bases de uma fita do DNA.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

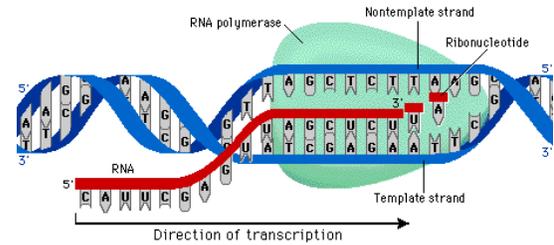
A sequência de um fragmento de DNA humano e do mRNA dele transcrito é mostrada abaixo. O primeiro códon é UCU.	
DNA	3'-AGATTACGCT-5'
mRNA	5'-UCUAAUGCGA-3'

c) Um mRNA transcrito da fita complementar de DNA codificaria uma proteína diferente.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
d) Se a terceira base do DNA for substituída pela base T, a sequência de aminoácidos mudará.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

### Questão 4

Podem ocorrer erros em qualquer dos seguintes processos que ocorrem em células eucarióticas.

1. Síntese de DNA (DNA → DNA)
2. Síntese de RNA (DNA → RNA)
3. Síntese de Proteína (RNA → proteína)



O diagrama ilustra o processo de transcrição do DNA em RNA.

- RNA polymerase = RNA polimerase
- Nontemplate strand = fita não codificadora
- Ribonucleotide = ribonucleotídeo
- Template strand = fita codificadora
- Direction of transcription = direção da transcrição

Indique se os erros resultantes dos processos acima passariam para a célula filha.

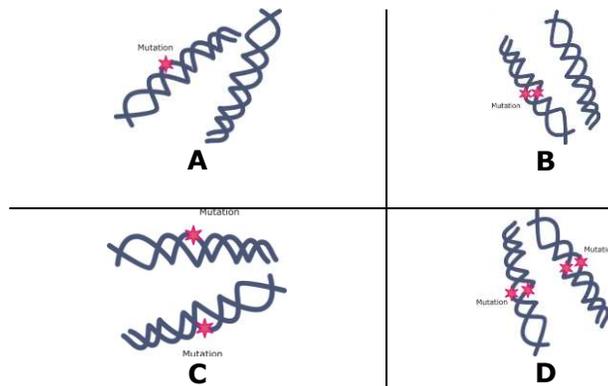
a) Processo 1	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
b) Processo 2	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
c) Processo 3	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

Indique qual dos processos envolve o pareamento de bases complementares.

d) Processo 1	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
e) Processo 2	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei
f) Processo 3	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei

### Questão 5

As mutações ocorrem como resultado de mudanças nas sequências de bases do DNA.



Mutation = mutação

a) As mutações que ocorrem no tecido muscular são passadas para a descendência.	<input type="checkbox"/> Verdadeiro <input type="checkbox"/> Falso <input type="checkbox"/> Não sei				
b) Os diagramas à direita mostram pequenos trechos de DNA em dois cromossomos homólogos. Escolha o diagrama que melhor representa uma mutação herdada por um indivíduo.	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> Não sei
c) Pode-se tratar células com agentes mutagênicos que modificam quimicamente as bases. Qual diagrama representa melhor o resultado imediato da mutação?	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> D	<input type="checkbox"/> Não sei

## ANEXO 3 – Exercícios propostos na Atividade de Intervenção Pedagógica.

### QUÍMICA FUNDAMENTAL

#### Lista de Exercício

1) Ao estudar uma substância química encontrada em um organismo vivo, verificou-se que a mesma faz parte de uma via metabólica complexa conforme descrito abaixo. **Obs.:** somente os componentes principais são mencionados.

- i) Reação 1: **A** reage formando **B**, e essa reação não é reversível;
- ii) Reação 2: **B** reage formando **C** e **D**, e essa reação é reversível;
- iii) Reação 3: **D** reage formando **E**, e essa reação é reversível;
- iv) Reação 4: **E** reage formando **F**, e essa reação não é reversível;
- v) Reação 5: **F** reage formando **G**, e essa reação não é reversível;
- vi) Reação 6: **C** reage formando **H**, e essa reação é reversível;
- vii) Reação 7: **H** reage formando **I**, e essa reação não é reversível.

Faça a proposição de uma via metabólica (esquema) que envolva todas as reações e os respectivos reagentes e produtos descritos acima.

2) A compreensão do funcionamento das vias metabólicas é de extrema importância no estudo da Bioquímica. Assim, proponha uma via metabólica hipotética (esquema) para as reações descritas abaixo.

- i) Reação 1: **D** reage formando **C**, e essa reação é reversível;
- ii) Reação 2: **C** reage formando **F**, e essa reação não é reversível;
- iii) Reação 3: **F** reage formando **A** e **B**, e essa reação é reversível;
- iv) Reação 4: **B** reage formando **E**, e essa reação não é reversível;
- v) Reação 5: **E** reage formando **F**, e essa reação é reversível;
- vi) Reação 6: **F** reage formando **H**, e essa reação não é reversível;
- vii) Reação 7: **A** reage formando **G**, e essa reação não é reversível;
- viii) Reação 8: **G** reage formando **I**, e essa reação é reversível.

3) Proponha uma via metabólica hipotética para as reações descritas abaixo.

- i) Reação 1: **A** reage formando **F**, e essa reação não é reversível;
- ii) Reação 2: **F** reage formando **C**, e essa reação é reversível;
- iii) Reação 3: **C** reage formando **G**, e essa reação é reversível;
- iv) Reação 4: **G** reage formando **I**, e essa reação não é reversível;
- v) Reação 5: **I** reage formando **J**, e essa reação não é reversível;
- vi) Reação 6: **C** reage formando **B** e **D**, e essa reação é reversível;
- vii) Reação 7: **B** reage formando **D**, e essa reação é reversível;
- viii) Reação 8: **D** reage formando **H**, e essa reação não é reversível;
- ix) Reação 9: **H** reage formando **E**, e essa reação é reversível.

## ANEXO 4 – Autorização do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos/UFSJ.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI – UFSJ  
INSTITUÍDA PELA LEI Nº. 10.425 DE 19/04/2002 – D.O.U. DE 22/04/2002



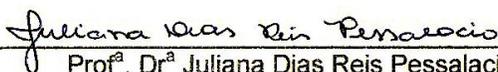
CAMPUS CENTRO-OESTE DONA LINDU – CCO

Divinópolis, Minas Gerais, 07 de outubro de 2011

Parecer nº 005/2011

O protocolo nº 005/2011 sob a responsabilidade de Vanessa Jaqueline da Silva Vieira dos Santos com o título: "Literacia Visual e Aprendizagem de Bioquímica - Estudo do Desenvolvimento da Habilidade de Leitura e Interpretação de Imagens", está de acordo com a Resolução CNS/MS 196/96 e foi aprovado por esta comissão de ética em pesquisa com seres humanos (CEPES/CCO).

Lembramos ao senhor (a) pesquisador (a), que o CEPES/CCO deverá receber relatórios semestrais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento desta comissão. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo.

  
Prof.ª Dr.ª Juliana Dias Reis Pessalacia  
Presidente da CEPES/CCO

**Campus Santo Antônio**  
Pça. Frei Oriando, 170  
Centro  
CEP 36307-352  
São João del-Rei - MG

**Campus Dom Bosco**  
Praça Dom Helvécio, 74  
Fábricas  
CEP 36301-170  
São João del-Rei - MG

**Campus Tancredo Neves**  
(CTAN)  
Rodovia BR 494, Km 2  
Colônia do Bengo  
CEP 36300-000  
São João del-Rei - MG

**Campus Alto Paraopeba**  
Rodovia MG 443 – KM 07  
Fazenda do Cadete  
CEP 36420-000  
Ouro Branco - MG

**Campus Centro-Oeste**  
**Dona Lindu**  
Av. Sebastião Gonçalves  
Coelho, 400 – Chanadour  
CEP 35501-296  
Divinópolis - MG  
37 3221-1164

**Centro Cultural da UFSJ**  
Pça. Dr. Augusto das  
Chagas Viegas, 17  
Centro  
CEP 36300-088  
São João del-Rei - MG

**ANEXO 5 – Grade Curricular disponível no PPP do Bacharelado em Bioquímica/UFSJ/2010 (pp. 39 – 41).**

CÓDIGO	1º PERÍODO – UNIDADES CURRICULARES	PRÉ-REQUISITO	CH TOTAL	CH TEÓRICA	CH PRÁTICA	Nº ALUNOS / PRÁTICA	CARGA PROFESSOR
BQ - 001	Química Orgânica I		72	72			72
BQ - 002	Química Fundamental		90	72	18	25	108
BQ - 003	Matemática I		72	72			72
BQ - 004	Biologia Celular		72	54	18	25	90
BQ - 005	Bioquímica e Sociedade		36	36			36
BQ - 006	Anatomia Humana		36	36			36
	<b>TOTAL</b>		<b>378</b>	<b>342</b>	<b>36</b>		<b>414</b>
	<b>CH /ALUNO/ SEMANAL</b>		<b>21</b>	<b>19</b>	<b>2</b>		

CÓDIGO	2º PERÍODO – UNIDADES CURRICULARES	PRÉ-REQUISITO	CH TOTAL	CH TEÓRICA	CH PRÁTICA	Nº ALUNOS / PRÁTICA	CARGA PROFESSOR
BQ - 007	Química Orgânica II	BQ - 001	72	72			72
BQ - 008	Química Orgânica Experimental I	BQ - 001	18		18	25	36
BQ - 009	Físico - Química I	BQ - 002, BQ - 003	72	72			126
BQ - 010	Matemática II	BQ - 003	36	36			36
BQ - 011	Histologia e Embriologia	BQ - 004	72	54	18	25	90
BQ - 012	Genética	BQ - 004	72	72			72
BQ - 013	Física	BQ - 003	72	72			72
BQ - 014	Bioquímica de Proteínas	BQ - 001	54	54			54
	<b>TOTAL</b>		<b>468</b>	<b>432</b>	<b>36</b>		<b>558</b>
	<b>CH /ALUNO/ SEMANAL</b>		<b>26</b>	<b>24</b>	<b>2</b>		

CÓDIGO	3º PERÍODO – UNIDADES CURRICULARES	PRÉ-REQUISITO	CH TOTAL	CH TEÓRICA	CH PRÁTICA	Nº ALUNOS / PRÁTICA	CARGA PROFESSOR
BQ - 015	Química Orgânica Experimental II	BQ - 007, BQ - 008	36		36	25	72
BQ - 016	Físico-Química II	BQ - 003, BQ - 009	72	72			72
BQ - 017	Bioquímica de Carboidratos	BQ - 001	36	36			36
BQ - 018	Bioquímica de Lipídios	BQ - 001	54	54			54
BQ - 028	Metodologia Científica		36	36			36
BQ - 022	Bioestatística	BQ - 003	54	54			54
BQ - 020	Enzimologia	BQ - 007, BQ - 014	54	36	18	25	72
BQ - 023	Química Analítica		90	54	36	25	126
	<b>TOTAL GERAL</b>		<b>432</b>	<b>342</b>	<b>90</b>		<b>522</b>
	<b>CH /ALUNO/ SEMANAL</b>		<b>24</b>	<b>18</b>	<b>5</b>		

CÓDIGO	4º PERÍODO – UNIDADES CURRICULARES	PRÉ-REQUISITO	CH TOTAL	CH TEÓRICA	CH PRÁTICA	Nº ALUNOS / PRÁTICA	CARGA PROFESSOR
BQ - 024	Bioquímica Metabólica	BQ - 018, BQ - 017, BQ - 020	90	90			90
BQ - 021	Estatística Experimental	BQ - 022	36	18	18	25	54
BQ - 019	Práticas em Bioquímica I	BQ - 018, BQ - 017, BQ - 020	36		36	25	72
BQ - 026	Biologia Molecular	BQ - 004, BQ - 012, BQ - 014	54	54			54
BQ - 027	Métodos Instrumentais de Análise	BQ - 023	54	18	36	16	162
BQ - 031	Microbiologia	BQ - 004	72	36	36	25	108
BQ - 029	Desenho Técnico		54		54	16	216
BQ - 034	Bioquímica celular	BQ - 004	54	36	18	25	72
	<b>TOTAL GERAL</b>		<b>450</b>	<b>252</b>	<b>196</b>		<b>828</b>
	<b>CH /ALUNO/ SEMANAL</b>		<b>25</b>	<b>14</b>	<b>11</b>		

CÓDIGO	5º PERÍODO – UNIDADES CURRICULARES	PRÉ-REQUISITO	CH TOTAL	CH TEÓRICA	CH PRÁTICA	Nº ALUNOS / PRÁTICA	CARGA PROFESSOR
BQ - 039	Prática em Bioquímica Analítica		54		54	25	108
BQ - 032	Ética, Bioética e Biossegurança		36	36			36
BQ - 025	Práticas em Bioquímica II	BQ -024	36		36	25	72
BQ - 033	Práticas em Biologia Molecular	BQ – 026	54		54	25	108
BQ - 030	Imunologia	BQ – 034	54	54			54
BQ - 035	Química Medicinal		54	54			54
BQ – 036	Química Fisiológica	BQ – 024	54	54			54
BQ - 038	Biotecnologia de Microrganismos	BQ -026, BQ – 031	36	18	18	16	72
BQ - 037	Métodos Espectrométricos	BQ – 001	54	36	18	16	90
	<b>TOTAL GERAL</b>		<b>432</b>	<b>252</b>	<b>180</b>		<b>432</b>
	<b>CH /ALUNO/ SEMANAL</b>		<b>24</b>	<b>14</b>	<b>10</b>		

CÓDIGO	6º PERÍODO – UNIDADES CURRICULARES	PRÉ-REQUISITO	CH TOTAL	CH TEÓRICA	CH PRÁTICA	Nº ALUNOS / PRÁTICA	CARGA PROFESSOR
BQ - 043	Parasitologia	BQ – 030	54	36	18	16	90
BQ - 044	Bioinformática	BQ - 026	36		36	12	144
BQ - 045	Fisiopatologia	BQ – 036	72	54	18	25	90
BQ – 046	Fundamentos de Modelagem molecular e quimiometria	BQ – 016	54	54			54
BQ – 042	Fenômenos de transporte I	BQ – 013	54	36	18	12	108
BQ – 048	Processos Bioquímicos e Microbiológicos Industriais	BQ – 010, BQ – 026, BQ – 031	72	36	36	12	180
BQ – 040	Biotecnologia aplicada à Saúde	BQ – 026	54	36	18	36	72
BQ – 041	Orientação de Estágio e Monografia	BQ – 028	18	18			18
	<b>TOTAL GERAL</b>		<b>414</b>	<b>270</b>	<b>144</b>		<b>756</b>
	<b>CH /ALUNO/ SEMANAL</b>		<b>23</b>	<b>15</b>	<b>8</b>		

CÓDIGO	7º PERÍODO – UNIDADES CURRICULARES		CH TOTAL	CH TEÓRICA	CH PRÁTICA	Nº ALUNOS / PRÁTICA	CARGA PROFESSOR
BQ – 051	Fitoquímica e plantas medicinais	BQ – 001	54	36	18	12	108
BQ – 052	Administração e Empreendedorismo		72	72			72
BQ – 053	Cultura de Células e Tecidos de Mamíferos	BQ – 034	54	18	36	12	162
BQ – 049	Tecnologia em Vacinas e Terapia Gênica	BQ – 026, BQ – 030, BQ – 032, BQ – 033, BQ -040	54	36	18	12	108
BQ - 054	Fenômenos de Transporte II	BQ – 042	54	36	18	12	108
BQ - 047	Operações Unitárias	BQ – 042	90	90			90
BQ – 050	Biotecnologia vegetal	BQ – 026	54	36	18	12	108
	<b>TOTAL GERAL</b>		<b>432</b>	<b>324</b>	<b>108</b>		<b>756</b>
	<b>CH /ALUNO/ SEMANAL</b>		<b>24</b>	<b>18</b>	<b>6</b>		

CÓDIGO	8º PERÍODO – UNIDADES CURRICULARES		CH TOTAL	CH TEÓRICA	CH PRÁTICA	Nº ALUNOS / PRÁTICA	CARGA PROFESSOR
BQ 055, BQ - 056, BQ-057	Trabalho de Conclusão de Curso ou Estágio Supervisionado		<b>360</b>		360		