

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DA VITÓRIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

MAYCON DOUGLAS PAIXÃO XAVIER

ELABORAÇÃO DE MODELOS ARTESANAIS PARA O ENSINO DE BIOQUÍMICA

Vitória de Santo Antão

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DA VITÓRIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO

MAYCON DOUGLAS PAIXÃO XAVIER

ELABORAÇÃO DE MODELOS ARTESANAIS PARA O ENSINO DE BIOQUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Graduação em Nutrição do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco em cumprimento a requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Nutrição, sob orientação da Professora Dr^a. Carmem Lygia Burgos Ambrósio e coorientação da Professora Dr^a Raquel Araújo de Santana.

Vitória de Santo Antão

2021

Catálogo na Fonte
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFPE. Biblioteca Setorial do CAV.
Bibliotecário Jaciane Freire Santana, CRB-4/2018

- X3e Xavier, Maycon Douglas Paixão.
Elaboração de modelos artesanais para o ensino de bioquímica /
Maycon Douglas Paixão Xavier. - Vitória de Santo Antão, 2021.
57 p.; il.: color.
- Orientadora: Carmem Lygia Burgos Ambrósio.
Coorientadora: Raquel Araújo de Santana.
TCC (Bacharelado em Nutrição) - Universidade Federal de
Pernambuco, CAV, Bacharelado em Nutrição, 2021.
Inclui referências.
1. Bioquímica. 2. Ensino de ciências. 3. Material didático. I.
Ambrósio, Carmem Lygia Burgos (Orientadora). II. Santana, Raquel
Araújo de (Coorientadora). III. Título.

572 CDD (23. ed.)

BIBCAV/UFPE - 259/2021

MAYCON DOUGLAS PAIXÃO XAVIER

ELABORAÇÃO DE MODELOS ARTESANAIS PARA O ENSINO DE BIOQUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Graduação em Nutrição do Centro Acadêmico de Vitória da Universidade Federal de Pernambuco em cumprimento a requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Nutrição

Aprovado em: 21/12/2021.

Banca Examinadora:

Professora Dr^a Mariane Cajuba de Britto Lira Nogueira

Professora Dr^a Mariana Pinheiro Fernandes

Professora Dr^a Raquel Araújo de Santana (coorientadora)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os docentes que contribuíram de forma construtiva no caminho até a culminância desse momento, a instituição, que, mesmo diante de todos os problemas enfrentados pela área de educação neste momento, conseguiu fornecer um processo de ensino-aprendizagem de qualidade. Aos profissionais que contribuíram nos estágios possibilitando a vivência da prática do cotidiano profissional.

À professora Carmem Lygia que é uma profissional de excelência, que sempre dirige um olhar sensibilizado aos alunos, buscando compreender os problemas e dificuldades enfrentadas, que está sempre buscando novas alternativas de ensino na tentativa de melhorar a experiência de aprendizado dos alunos. Que me acompanhou não só na disciplina de Bioquímica da Nutrição, mas durante os dois anos de monitoria e, por fim, como minha orientadora, sempre se colocando disponível e me conduzindo na produção deste trabalho.

À minha coorientadora Raquel Araújo, que só tive a oportunidade de conhecer de forma remota durante as reuniões de monitoria, mas que já admiro por sua empatia e postura positiva diante das adversidades. Sempre contribuindo, fornecendo novas alternativas e pontos de vista interessantes na construção deste estudo.

Às minhas colegas de turma Amanda Ferreira, Analiane Fernanda, Anny Ellen, Gracielly Luanny, Mariana Mendes, Thaynara Bezerra e Valquíria Barbosa que caminharam junto comigo nessa etapa da minha vida, tornando o processo mais leve.

“A arte é um resumo da natureza feito pela imaginação.”

Eça de Queiroz.

RESUMO

Muitos autores têm relatado as dificuldades dos alunos em compreender os conteúdos da bioquímica. Dentre os principais fatores envolvidos com essa problemática está a dificuldade de demonstração real ou de modelos de maior facilidade de assimilação dos conceitos envolvidos, uma vez que é uma ciência que investiga a realidade em vários níveis de complexidade, a saber: os níveis macroscópico, microscópico e submicroscópico. Portanto, o aprendizado da bioquímica depende da capacidade do aluno em traduzir e integrar esses diferentes níveis para que haja uma compreensão holística da disciplina. Nesse sentido, as ferramentas didáticas têm fundamental importância para mediar a aquisição de conhecimentos, uma vez que permitem a representação de fenômenos que não podem ser captados pela visão. O presente trabalho teve como objetivo a confecção de modelos didáticos artesanais para o ensino de bioquímica. Para tanto, foi realizada uma pesquisa no intuito de identificar os fatores que dificultam a interpretação de modelos e, a partir disso, foram planejadas as características conceituais, estéticas (cores, tamanhos e formas) e funcionais (peças móveis e removíveis) que poderiam ser utilizadas para sanar esses problemas. Os temas tratados pelos modelos foram decididos de acordo com o plano de ensino da disciplina Bioquímica da Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco, o que levou a elaboração de 18 modelos didáticos, construídos em porcelana fria, arame galvanizado e arame artesanal, materiais facilmente encontrados e de fácil manipulação. A partir do estudo concluiu-se que a elaboração do material se constitui em uma etapa inicial, sendo necessário estudos experimentais para a verificação de sua validade didática.

Palavras-chave: ensino de bioquímica; modelos didáticos; elaboração de modelos; ferramentas de ensino; representações externas; literacia visual.

ABSTRACT

Many authors have reported students' difficulties in understanding the contents of biochemistry. Among the main factors involved with this problem is the difficulty of real demonstration or models that make it easier to assimilate the concepts involved, since it is a science that investigates reality at various levels of complexity, namely: the macroscopic and microscopic levels and submicroscopic. Therefore, learning biochemistry depends on the student's ability to translate and integrate these different levels so that there is a holistic understanding of the discipline. In this sense, didactic tools are of fundamental importance to mediate the acquisition of knowledge, as they allow the representation of phenomena that cannot be captured by vision. The present work had as objective the elaboration of artisanal didactic models for the teaching of biochemistry. Therefore, a survey was carried out in order to identify the factors that hinder the interpretation of models and, based on that, the conceptual, aesthetic (colors, sizes and shapes) and functional (movable and removable parts) that could be used to remedy these problems. The themes dealt with by the models were decided in accordance with the teaching plan of the Biochemistry of Nutrition course at the Federal University of Pernambuco, which led to the elaboration of 18 didactic models, built in cold porcelain, galvanized wire and handcrafted wire, easily found materials and easy to handle. From the study it was concluded that the preparation of the material is an initial stage, requiring experimental studies to verify its didactic validity.

Keywords: teaching biochemistry; didactic models; elaboration of models; teaching tools; external representations; visual literacy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diferentes REs da alanina.....	24
Figura 2 – Conceito de design do modelo didático de encaixe induzido.....	32
Figura 3 – Planejamento da função mecânica do modelo.....	33
Figura 4 – Esquema de explicação da glicogenólise com o modelo didático.....	38

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1 – Modelo didático de ATP.....	30
Imagem 2 – Modelos enzimáticos chave-fechadura.....	31
Imagem 3 – Modelo enzimático de encaixe induzido.....	33
Imagem 4 – Modelos didáticos de ácidos graxos.....	34
Imagem 5 – Modelos didáticos de lipoproteínas.....	35
Imagem 6 – Modelo de ramificação do glicogênio.....	36
Imagem 7 – Modelo didático de aminoácido.....	38
Imagem 8 – Modelo didático de transaminação.....	39
Imagem 9 – Modelo didático de grupo heme.....	40
Imagem 10 – Modelo didático de conversão do etanol em acetato.....	41
Imagem 11 – Modelo de fosforilação da creatina.....	42
Imagem 12 – Modelo didático de átomo com elétron desemparelhado.....	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Esquema de cores para os elementos.....	28
Quadro 2 – Apoproteínas e suas lipoproteínas correspondentes e esquema de cores atribuídas às apoproteínas.....	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RE – Representação Externa.

RI – Representação Interna.

EAD – Ensino a Distância.

SBBq – Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular.

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TICs – Tecnologias da Informação e Comunicação.

CPK – Corey, Pauling e Koltun.

ATP – Adenosina Trifosfato.

ADP – Adenosina difosfato.

AMP – Adenosina monofosfato.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	18
2.1 Geral	18
2.2 Específicos	18
3 JUSTIFICATIVA	19
4 REVISÃO DA LITERATURA	20
4.1 Processo de ensino-aprendizagem	20
<i>4.1.1 Ferramentas didáticas</i>	<i>22</i>
4.2 Processo de ensino-aprendizagem em Bioquímica	23
4.3 Representações na aprendizagem	26
4.4 Visualização em Bioquímica	27
5 MATERIAL E MÉTODOS	30
5.1 Caracterização do estudo	30
5.2 Procedimentos para a coleta de dados	30
5.3 Materiais	31
5.4 Instrumentos	31
6 RESULTADOS	32
6.1 Oxidações biológicas	33
<i>6.1.1 Modelo de ATP</i>	<i>33</i>
6.2 Enzimologia	34
<i>6.2.1 Modelos enzimáticos chave-fechadura</i>	<i>34</i>
<i>6.2.2 Modelo enzimático de encaixe induzido</i>	<i>35</i>
6.3 Metabolismo de lipídeos	37
<i>6.3.1. Modelos de ácidos graxos</i>	<i>37</i>
<i>6.3.2 Modelos de lipoproteínas</i>	<i>38</i>
6.4 Metabolismo de carboidratos	39

6.4.1 Modelo de ramificação do glicogênio.....	39
6.5 Metabolismo de proteínas.....	41
6.5.1 Modelo de aminoácido.....	41
6.5.2 Modelo de transaminação.....	42
6.6 Bioquímica do sangue.....	43
6.6.1 Modelo de grupo heme.....	43
6.7 Metabolismo do álcool.....	44
6.7.1 Modelo de conversão do etanol em acetato.....	44
6.8 Bioquímica do exercício.....	45
6.8.1 Modelo de fosforilação da creatina.....	46
6.9 Radicais livres.....	47
6.9.1 Átomo com elétron desemparelhado.....	47
7 DISCUSSÃO.....	48
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

A bioquímica é uma ciência que busca compreender como o conjunto de moléculas inanimadas que constituem os seres vivos interagem para manter e perpetuar a vida dentro do escopo das leis físicas e químicas (LEHNINGER; NELSON; COX, 2014). É uma competência que atende à um grupo heterogêneo de discentes, uma vez que está presente no perfil curricular de diversos cursos da área de saúde e ciências biológicas. Devido ao seu caráter multidisciplinar, é oferecida nos ciclos básicos, evidenciando a sua importância nos diversos campos de atuação profissional (MERCÊS; MACIEL, 2018; SILVA; JORAS; SCHETINGER, 2020).

Apesar da disciplina apresentar coerência e organização nos currículos mais tradicionais, os estudantes frequentemente a definem como uma coleção de estruturas químicas e reações, dificilmente assimiladas e não integradas com a sua prática profissional (VARGAS, 2001). Diversos fatores contribuem para essa dificuldade de aprendizado: o baixo nível de conhecimentos adquiridos no ensino médio; A complexidade intrínseca da disciplina, que traz conceitos intrincados, cheios de detalhes minuciosos e termos técnicos; a dificuldade de demonstração real ou de modelos de maior facilidade de assimilação dos conceitos envolvidos, devido à virtualidade de difícil modelagem em maiores escalas dos mesmos; e a incapacidade, muitas vezes decorrente da falta de preparo do docente em estabelecer relações entre o conteúdo programático e a realidade do cotidiano profissional (SCHNEIDER; DUTRA; MAGALHÃES, 2018).

Dentre os fatores problemáticos supracitados, é necessário destacar a dificuldade de demonstração de estruturas e reações bioquímicas, uma vez que esta ciência investiga a realidade em diferentes níveis de organização, a saber: o nível macroscópico, o nível microscópico; e o nível submicroscópico. Portanto, o aprendizado da bioquímica depende da capacidade do aluno em traduzir e integrar esses diferentes níveis para que haja uma compreensão holística da disciplina. Uma vez que a visualização do ambiente submicroscópico não é possível fisicamente, os bioquímicos usam dados físicos e químicos para construir modelos para tentar explicar esses fenômenos abstratos. Essa linguagem visual é chamada de Representações Externas (REs) por psicólogos cognitivos. Estas incluem imagens, ilustrações, diagramas, fotografias, micrografias, gráficos, representações

analógicas, entre outros. As REs retratam fenômenos do mundo externo, diferenciando-se do conceito de Representações Internas (RIs), a categoria que retrata fenômenos mentais (SCHÖNBORN; ANDERSON, 2006; SCATIGNO; TORRES, 2016).

Ao contrário de físicos, químicos e matemáticos, que fazem uso de signos bem estabelecidos para representar os fenômenos particulares de maneira específica, os bioquímicos utilizam uma grande variedade de símbolos para representar um mesmo fenômeno. As REs utilizadas em bioquímica diferem tanto em termos de aparência estética (cor, forma, aparência, dimensões, tamanho) como em termos de níveis de abstração. Diferem também em modos de representação, incluindo o estático bidimensional e tridimensional, modos dinâmicos e modos multimídia. Desta forma, os alunos não apenas têm de traduzir entre os níveis de organização (macroscópico, microscópico e submicroscópico), como também entre as REs que representam cada nível de abstração (SCHÖNBORN; ANDERSON, 2006).

Portanto, a linguagem visual que os alunos de bioquímica precisam aprender é substancialmente mais complexa e confusa do que em outras disciplinas, o que se configura em um desafio cognitivo no processo de aprendizagem (SCHÖNBORN; ANDERSON, 2006). A habilidade de dominar imagens é chamada pela pedagogia das imagens de literacia visual, conceito que expressa a capacidade de ler, interpretar, pensar e se expressar por meio de imagens. É um conjunto de competências que podem ser adquiridas e cujo desenvolvimento é fundamental para o aprendizado, pois permite a identificação e interpretação de signos, objetos e ações por meio do uso criativo das competências visuais (AVGERINOU; ERICSON, 1997; REIS, 2015). A principal dificuldade no entendimento das REs no ensino de ciências pelos alunos é a falta de literacia visual (SCHÖNBORN; ANDERSON, 2006). Em contrapartida, estudos apontam que estudantes que fazem uso frequente de REs para compreender os conteúdos, ao invés de se basearem em textos, demonstram um desenvolvimento mais significativo de modelos mentais (MAYER, 2001).

A natureza da RE também exerce uma forte influência no processo de visualização, influenciando diretamente na percepção e interpretação do conteúdo apresentado. Estudos relatam uma preocupação com relação à superioridade

pedagógica concedida a REs animadas e multimídia com relação à REs estáticas por parte dos educadores. Apontam que REs dinâmicas podem ser cognitivamente desafiadores para os alunos devido ao maior contingente de informações neles contidas. Outro fator importante é o grande apelo estético e dinâmico que essas REs possuem, podendo distrair o observador, impedindo que tenha o grau de envolvimento necessário para a apreensão da informação (LOWE, 2003). Deste modo, algumas REs necessitam de maiores níveis de literacia visual para a sua compreensão do que outros.

O ensino em todas as áreas sofreu forte influência do mecanicismo proveniente do modelo de inspiração cartesiana que instituiu o ensino fragmentado e reducionista, que exclui a complexidade multifacetada da realidade, engendrando um processo de polarização das partes (CAPRA, 2006). Isto, aliado à grande produção de conhecimentos, característicos da era da informação, têm causado efeitos danosos no processo educativo. Cada vez mais os currículos vêm sofrendo a pressão da amplificação das produções científicas e de seus meios de divulgação, gerando uma hipertrofia de conteúdos nos perfis curriculares que resulta na fragmentação do ensino, na sobrecarga cognitiva e pulverização dos conhecimentos (VARGAS, 2001).

Nesse contexto, vê-se a necessidade da utilização de metodologias e ferramentas de ensino que possam tornar o processo ensino-aprendizado mais significativo. Neste ponto, a arte-educação entra como uma valiosa ferramenta de ensino. A arte-educação é um método que se utiliza das linguagens da arte (as artes visuais, a música, a dança e o teatro) como ferramenta para a abordagem de temas referentes a outras áreas do conhecimento humano. A expressão educação pela arte, foi empregada pela primeira vez, pelo poeta e crítico de arte britânico Herbert Head, que acreditava que a educação deveria passar pelos sentidos e não se resumir a apenas ideias abstratas (VILLAÇA, 2014).

Este trabalho se propôs a construir REs artesanais que ajudem a minimizar as dificuldades de compreensão dos alunos, na tentativa de diminuir as barreiras enfrentadas pela falta de literacia visual e, conseqüentemente no aprendizado de bioquímica. Os modelos foram construídos utilizando-se porcelana fria e outros materiais artesanais para a elaboração de REs analógicas que tem como objetivo

fornecer subsídios visuais ao conteúdo abstrato, para tentar aproximar a realidade macroscópica aos demais níveis de organização bioquímica.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Elaborar modelos didáticos artesanais para o ensino de Bioquímica.

2.2 Específicos

- Identificar, na literatura, as dificuldades na interpretação de REs;
- Analisar os signos empregados na construção das REs;
- Estudar os recursos que podem ser utilizados para a estruturação das REs;
- Planejar as características físicas e conceituais para a criação das REs.

3 JUSTIFICATIVA

Sendo a bioquímica uma ciência que se utiliza de representações abstratas devido ao distanciamento entre a realidade macroscópica e submicroscópica, é necessário que haja instrumentos para unir essas realidades. Esse trabalho se propõe a fornecer ferramentais visuais e táteis para tentar diminuir as dificuldades de literacia visual enfrentadas pelos alunos através da construção de modelos artesanais mais facilmente assimiláveis.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Processo de ensino-aprendizagem

O processo de ensino-aprendizagem é um desdobrar de uma relação sincrética entre o ato de ensinar e o de aprender como formas mutáveis e ativas da vivência em educação. Operação que envolve interações comportamentais complexas entre professores e alunos, composta por inúmeros fatores dinâmicos que dialogam entre si. Para além dessa relação indivíduo-indivíduo, correlaciona as relações indivíduo-instituições, bem como seus impactos coletivos (KUBO; BATOMÉ, 2001).

O conceito de aprendizagem foi desenvolvido por meio de investigações da psicologia com base no pressuposto de que “todo conhecimento provém da experiência”. Neste contexto, o conhecimento se configura como uma cadeia de ideias formadas por meio do registro de fatos. Essas investigações fazem parte do chamado associacionismo, cuja principal expressão se encontra no *behaviorismo*, corrente que objetivava a construção de uma psicologia de metodologia materialista que garantisse a objetividade das ciências da natureza. Uma psicologia fundada no estudo do comportamento observável, e que, portanto, o entende como produto das pressões ambientais. Deste modo, a aprendizagem não passava de um processo de condicionamento (NEUFELD; BRUST; STEIN, 2011; GIUSTA, 2013).

O *behaviorismo* tinha como base o condicionamento respondente de Pavlov, o que favorecia um pensamento que dissolvia o sujeito do conhecimento, reduzindo-o a um ser que responde a estímulos antecedentes, produzindo respostas naturalmente consequentes. Com o passar do tempo, o condicionamento respondente, bem como outras teorias positivistas mostraram-se insuficientes para explicar os processos de aprendizagem complexa. Em contraposição a esse modelo, surge a *gestalt*, que se baseia em um pressuposto racionalista: todo conhecimento é anterior à experiência, nesta concepção, os sujeitos não respondem a estímulos específicos, mas a configurações perceptuais. Portanto, o conhecimento não depende da aprendizagem, mas da percepção (NEUFELD; BRUST; STEIN, 2011; GIUSTA, 2013).

O *behaviorismo* ignora as condições históricas, descarta a consciência e a subjetividade dos sujeitos, enquanto a *gestalt*, ao priorizar as estruturas mentais, ignora a ação do sujeito sobre o mundo e a ação do mundo sobre o sujeito. Essas concepções são extremamente reducionistas, o *behaviorismo* por reduzir o sujeito ao objeto, a *gestalt* por fazer o contrário (GIUSTA, 2013). De acordo com Fritjof Kapra (2006), o cerne das diferentes problemáticas que surgiram no século XX, está na concepção Cartesiana do conhecimento que segrega as partes do todo para analisa-las separadamente gerando um processo de fragmentação e polarização, esgotando a capacidade de produzir sentido. Isso se evidencia nas correntes de pensamento supracitadas, onde o intenso processo de polarização levou ao foco excessivo em determinados aspectos, sejam eles materialistas ou idealistas, engendrando um processo vertiginoso que fez com que aspectos cruciais fossem ignorados, tornando-as simplistas.

Uma perspectiva que se revelou mais promissora no processo de ensino-aprendizagem, foi a chamada epistemologia genética, tese desenvolvida pelo epistemólogo Jean Piaget, que objetivou explicar a continuidade entre os processos biológicos e cognitivos, sem que houvesse uma redução do segundo ao primeiro (ABREU et al, 2010). A tese fundamental do pensamento Piagetiano se baseia no construtivismo, processo onde o sujeito evolui de um estado rudimentar a um processo mais estruturado de conhecimento, processo intrinsecamente ligado ao esforço de adaptação do sujeito ao meio. Sua tese compreende essencialmente dois processos: 1- acomodação, que se refere à adaptação do indivíduo aos objetos da sua realidade, exercendo modificações em sua estrutura de pensamento; e 2- assimilação, que indica o momento em que o sujeito exerce a ação sobre os objetos de sua realidade. O equilíbrio entre esses dois processos seria responsável pelo desdobramento da aprendizagem (RAFAEL; CORDEIRO, 2014).

Na concepção do psicólogo Lev Vygotsky, o desenvolvimento psicológico do indivíduo não ocorre por meio de fenômenos universais, mas pela subordinação dos processos biológicos ao desenvolvimento cultural. Para Vygotsky a relação entre os planos biológicos e culturais determina a diferenciação das capacidades cognitivas elementares das funções cognitivas superiores. A compreensão do desenvolvimento das funções psicológicas superiores é entendida por intermédio do conceito de mediação, que postula que a interação do homem com o meio físico e social é

mediada por elementos de naturezas distintas, o emprego de instrumentos e signos (CORRÊA, 2017).

Em termos gerais, o ensino corresponde a uma situação onde um indivíduo, intencionalmente, guia o processo de aprendizado de outro. Esse processo ocorre por intermédio de diferentes concepções de um mesmo objeto de estudo: a do professor, a do aluno e a do material de ensino. Dinâmica gerada por um desdobrar contínuo e progressivo que gera um conhecimento provisório e particular produzido em um determinado contexto (AGRA, 2019).

4.1.1 Ferramentas didáticas

Ferramenta didática é todo e qualquer recurso utilizado para estabelecer uma ponte entre a fonte da informação e o destinatário, trata-se de um suporte que permite a materialização de um conteúdo com finalidade instrucional. Esses recursos variam em natureza e grau de complexidade, existindo uma ampla gama de ferramentas como: textos, imagens, vídeos, músicas, cartazes, experimentos científicos, modelos didáticos, jogos didáticos, softwares, ferramentas de informática, entre outros (BAPTISTA, 2007; BANDEIRA, 2009).

O suporte pedagógico figura um recurso auxiliar por meio do qual se objetiva aumentar o rendimento das transferências e trocas de informações entre os participantes do processo educativo, devendo estar alinhado ao método pedagógico empregado em determinado contexto. Deste modo, a escolha do suporte físico a ser utilizado deve levar em consideração o público alvo, as técnicas e os objetivos de ensino (BAPTISTA, 2007).

A utilização de recursos didáticos aliados às práticas pedagógicas, buscam sensibilizar os sujeitos, provocando-lhes o interesse de aprender. Sua importância está na potência de ligar o conteúdo a mensagem e, deste modo, ligar o professor ao aluno. Processo no qual, só é possível obter êxito quando os procedimentos práticos são amparados na pesquisa prévia dentro de um contexto de planejamento criativo que possa tornar a aula proveitosa e atrativa (BORDINHÃO, SILVA, 2015).

A educação está em constante processo de transformação, deparando-se cada vez mais com novos paradigmas, formas e modelos de difusão de conhecimentos, exigindo também a renovação das ferramentas de ensino, um

grande exemplo disso é o Ensino a distância – EAD. Neste contexto, houve um deslocamento de paradigma na utilização das ferramentas. Antes os vídeos eram colocados em segundo plano, no formato EAD, eles se tornam o meio principal pelo qual o processo educativo ocorre, pois são gravadas palestras, videoaulas e debates. Isso permite uma maior flexibilidade da exploração dos recursos técnicos audiovisuais, isto é, a possibilidade de pausar, avançar, retroceder e rever (HAMAWAKI; PELEGRINI, 2009).

A incorporação de novas tecnologias na educação, exige um processo constante de atualização dos professores. Demandando não apenas o domínio das ferramentas tecnológicas, mas sua utilização pautada em estratégias que garantam o aprendizado dos alunos. As ferramentas podem repercutir de maneira positiva na educação, desde que sejam utilizadas com objetivos e estratégias definidas, orientadas por metodologias que garantam a finalidade de seu uso, agregando às práticas pedagógicas (SANTOS et al, 2020).

4.2 Processo de ensino-aprendizagem em Bioquímica

No Brasil, a estruturação do ensino em ciências passou a ser questionada nas décadas de 50 e 60, porém, apenas no ano de 1979 surgiu a primeira publicação que problematizava o currículo educacional em bioquímica. Trabalho apresentado na reunião anual da Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular – SBBq. Nos anos subsequentes, as manifestações sobre o ensino em bioquímica não aparecem em congressos, mas nas universidades, onde, se destacam as ações de professores da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS no desenvolvimento de projetos educacionais, como capacitação de pesquisadores, projetos no ensino básico e produção de materiais didáticos. Na década de 90, houve uma grande proliferação de trabalhos em congressos, conquistando um espaço na SBBq dedicado à movimentação do ensino, uma seção denominada “Educação em Bioquímica” (LOQUERCIO; SOUZA; PINO, 2003, 2007).

De acordo com um mapeamento de publicações em congressos da SBBq realizado no período de 1979 a 2005, foi identificado um aumento no número de propostas de metodologias alternativas de ensino, que visavam a ampliação da

acessibilidade e/ou tornar prazeroso o processo de aprendizagem. Foi verificado que a partir da década de 90, houve um aumento da preocupação com a inclusão de tecnologias que possibilitassem o melhoramento da experiência de ensino-aprendizado (LOQUERCIO; SOUZA; PINO, 2007).

Em levantamento empreendido no banco de dados da SBBq no período de 2006 a 2016, verificou-se que ainda havia um número significativo de trabalhos voltados para metodologias de ensino, no entanto, estes possuíam um direcionamento distinto. As pesquisas estavam voltadas para a descrição e avaliação de protocolos de aulas práticas e teóricas. Quanto às tecnologias, foi observado que houve modificações de configuração quanto à implementação de Tecnologias da Informação e Comunicação – TICs, que, além de tratar do uso de softwares educativos e do uso de internet, ampliaram seu campo para as questões da educação à distância (FERREIRA; GONÇALVES, 2017).

No ensino básico e médio, a Bioquímica não está presente como uma disciplina isolada, mas como um conjunto de estruturas capazes de explicar fenômenos biológicos presentes em outras disciplinas. Apesar de permear as aulas de biologia, a bioquímica é tratada principalmente nas aulas de química, onde é abordada em tópicos denominados “Química Orgânica Descritiva”. De forma inicial, a química começa a ser estudada a partir do 9º ano do ensino fundamental e passa a ser aprofundada no ensino médio. Diversos fatores prejudiciais afetam o aprendizado da química (e mais ainda da bioquímica) no ensino médio, fatores que vão desde questões que envolvem a infraestrutura e insumos (impactando na execução de experimentos), desde aspectos como carga horária insuficiente, dificuldade dos professores em associar os conteúdos com a vida cotidiana dos alunos, entre outros fatores que geram déficits que despontam no ensino superior (SOLNER et al, 2019; SOLNER; FERNANDES; FANTINEL, 2020).

No ensino superior, a bioquímica é uma disciplina base para os cursos da área de saúde e de Ciências Biológicas, configurando-se em uma competência fundamental para o entendimento dos processos biológicos, fisiológicos, farmacológicos e patológicos. Devido a sua característica interdisciplinar, a Bioquímica se destaca como uma disciplina de peso no perfil curricular dos discentes, tanto por sua importância como ciência, como pelas dificuldades encontradas por eles em compreender seus conteúdos. Essa questão é acentuada pelo fato dos estudantes muitas vezes perceberem de forma tardia a importância da

bioquímica para a sua prática profissional, visto que ela faz parte dos ciclos básicos dos cursos, quando o exercício profissional ainda não está muito claro (MERCÊS, MACIEL, 2018; SILVA; JORAS; SCHETINGER, 2021).

Muitos autores tem relatado as dificuldades dos alunos em compreender os conteúdos de Bioquímica (SCATIGNO; TORRES, 2016; SCHNEIDER; DUTRA; MAGALHÃES, 2018; MERCÊS; MACIEL, 2018; SILVA; JORAS; SCHETINGER, 2021). Sobre os fatores responsáveis por essas dificuldades Schneider e colaboradores destacam:

- a) O baixo nível de conhecimento de conteúdos programáticos fundamentais do ensino médio, especialmente os provenientes das disciplinas de química e de biologia;
- b) A complexidade dos conceitos da própria disciplina de bioquímica, que, por serem intrincados por diversas minúcias e detalhes, podem ser bastante difíceis de serem assimilados;
- c) A impossibilidade de demonstração real ou em modelos de maior facilidade de assimilação dos conceitos desenvolvidos, dada a virtualidade de difícil modelagem em maiores escalas dos mesmos;
- d) A incapacidade, muitas vezes decorrente de falta de preparo docente, de estabelecer relações entre os conceitos desenvolvidos em aula e aplicações cotidianas profissionais dos mesmos, os quais podem ser extremamente cativantes e instigantes no processo de aprendizagem por parte dos alunos (SCHNEIDER, DUTRA, MAGALHÃES, 2018, p.2).

Como discutido anteriormente, no ensino fundamental e médio regular, a bioquímica é uma disciplina abordada de maneira indireta, sob a forma de tópicos dentro da Química e de maneira mais subjetiva na biologia. Isso aliado ao extenso conteúdo programático exigido aos professores, juntamente a uma carga horária insuficiente, fazem com que a bioquímica acabe não sendo abordada ou sendo abordada de maneira muito superficial. Além disso, há uma tendência dos docentes assumirem uma metodologia mais tradicional, focada em conceitos sem utilização prática, centradas na repetição, fragmentação e exclusão do caráter social (SOLNER; FERNANDES; FANTINEL, 2020).

As características intrínsecas da disciplina também colaboram para a dificuldade de aprendizagem, pois, a bioquímica trata de aspectos que vão desde o nível de organização macroscópico a submicroscópico, conservando um grande volume de informações que tem de ser transmitidas em uma carga horária muito limitada, mesmo nos cursos superiores (SILVA; JORAS; SCHETINGER, 2021). Os currículos profissionais sofrem a pressão do crescimento científico acelerado gerando uma sobrecarga cognitiva e fragmentação de conteúdos, além de uma

ampliação das possíveis especializações, tornando cada vez mais difícil a construção de uma formação generalista.

O elevado grau de abstração necessária para a compreensão da bioquímica torna as ferramentas de visualização imprescindíveis no processo de ensino da disciplina. Existe um grande contingente de REs disponíveis para auxiliar no processo de assimilação visual e integração dos conteúdos. No entanto, muitos alunos enfrentam dificuldades em interpretar as REs devido ao baixo grau de literacia visual, logo, é necessário não apenas a construção de modelos mais facilmente assimiláveis pelos alunos, como fornecer os instrumentos para que os mesmos desenvolvam sua capacidade visual interpretativa (SCATIGNO; TORRES, 2016; MERCÊS; MACIEL, 2018).

No ensino universitário, há uma dificuldade dos alunos em correlacionar como bioquímica está envolvida no cotidiano profissional, seja devido ao despreparo de alguns professores em correlacionar a teoria com a prática, seja por inércia dos alunos, além da questão da introdução precoce da bioquímica nos cursos, como já discutido no texto. A ausência de correlações sólidas entre as disciplinas do ciclo básico e a atividade profissional geram desinteresse e desmotivação, provocando consequências negativas que podem culminar no desligamento do curso (SCHNEIDER, DUTRA, MAGALHÃES, 2018).

4.3 Representações na aprendizagem

Uma pedagogia centrada na semiótica busca entender como o simulacro é compreendido no processo cognitivo e como o entendimento disso pode ser aplicado ao processo de ensino-aprendizagem (LABURÚ; ZOMPERO; BARROS, 2013). A semiótica é o estudo do processo de significação dos objetos através do signo, isto é, discute o conceito por trás do objeto, do signo e do significado (FONTANILLE, 2016). O campo da educação científica constantemente empreende esforços no sentido de entender e construir formas de representações que possam auxiliar no processo de aprendizagem (LABURÚ; ZOMPERO; BARROS, 2013).

Esse campo de pesquisa encontra seu cerne na teoria de Vygotsky que entendia as representações como ferramentas semióticas para mediação cultural. Segundo Vygotsky, a fala e o pensamento são independentes entre si mas se

complementam, pois o pensamento verbal não compreende todas as formas de pensamento ou de comunicação e nem toda fala é baseada em pensamento. Mas em algum momento, o pensamento verbal e o simbólico se encontram para produzir os processos psicológicos superiores que resultam no pensamento verbal e na linguagem racional. Vale destacar que a linguagem não se restringe a emissão de sons, há a linguagem gerada pela integração simbólica e racional que leva a significação do movimento e interpretação simbólica dele, a linguagem do gesto (FREITAS 2005; LABURÚ; ZOMPERO; BARROS, 2013).

A teoria está centrada na capacidade humana de criar signos que servem como elementos que mediam as relações entre o meio físico e social, produzindo interações com base na percepção simbólica da realidade. Os fenômenos externos são assimilados e internalizados produzindo signos internos que substituem os objetos do mundo real. Assim, os sujeitos produzem sistemas de representação do real que são essenciais para o desenvolvimento dos processos mentais (FREITAS 2005; LABURÚ; ZOMPERO; BARROS, 2013).

Logo, a multiplicidade de linguagens apoia o pensamento e este, nelas se desdobra. Nesse contexto, as REs despontam como importantes ferramentas para expor conceitos de uma forma mais intuitiva, já que são representações físicas de modelos mentais, isto é, RIs. Essa materialização dos modelos mentais podem assumir diversas formas gráficas, analógicas e digitais (TAUCEDA; PINO, 2013).

4.4 Visualização em Bioquímica

Em estudo realizado na Revista de Ensino de Bioquímica, no período de 2009 a 2019, buscou-se verificar a importância da imagem como ferramenta para o desenvolvimento da argumentação científica em bioquímica através de uma análise comparativa entre estratégias de ensino universitário, onde observou-se a presença ou ausência de imagens. A partir da investigação foi constatado que 56,52% das publicações apresentam o uso de imagens de forma direta (utilizadas como ferramenta principal de ensino), 34,78% tinham a presença de imagens de forma indireta (como ferramenta auxiliar de ensino) e apenas 8,70% não utilizavam imagens. Os autores observaram que embora o objetivo do uso das imagens pelos educadores seja de auxiliar no aprendizado e chamar a atenção dos estudantes,

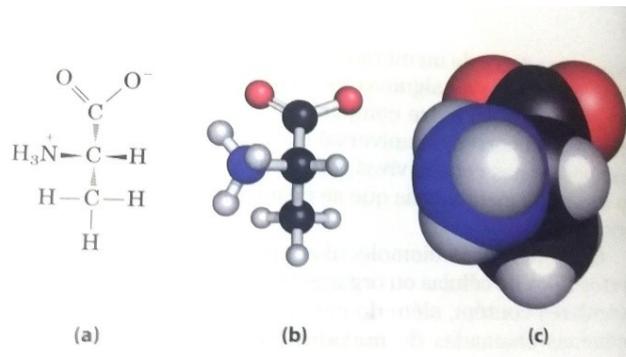
puderam constatar que se trata de importante ferramenta metodológica que promove o desenvolvimento da argumentação científica (SILVA; JORAS; SCHETINGER, 2021).

No estudo supracitado, o número de pesquisas envolvendo a visualização de imagens no ensino de bioquímica foi bastante expressivo, 91,3% dos artigos envolvia o uso de imagens direta ou indiretamente. Isso evidência sua relevância didática no ensino e como material de estudo na produção científica. Outro levantamento realizado no período de 2001 a 2010 em diversos periódicos reconhecidos na área da pesquisa educacional de bioquímica, mostrou uma produção importante do tema em países de língua inglesa e uma participação crescente de nações falantes de outras línguas. Nos trabalhos analisados observou-se a predominância de estudos envolvendo o uso de metodologias aplicadas e recursos didáticos, onde a maioria utilizava recursos computacionais de visualização (TERUYA et al, 2013).

Diante disso, é um consenso na literatura que as representações visuais dão suporte ao aprendizado de bioquímica, mais do que isso, fornecem os subsídios visuoespaciais para que os alunos desenvolvam modelos mentais, processo imprescindível para a elaboração conceitual da bioquímica. A visualização em ciências é um processo natural do desenvolvimento da evolução conceitual. A princípio, a linguagem verbal era a forma mais usual de elaborar e comunicar a química e a bioquímica, no entanto, com o passar do tempo o desenvolvimento da ciência gerou a necessidade de integrar as propriedades e comportamentos do sistema macroscópico com as variáveis do sistemas microscópico e submicroscópico exigindo a busca de outras formas de representação que fornecessem elementos que auxiliassem na sustentação da linguagem verbal (falada e escrita) (FERREIRA; ARROIO, 2009; TERUYA et al, 2013).

As REs permitem a elaboração de modelos que promovam a visualização de conceitos facilitando seu entendimento. No entanto, no contexto da bioquímica esse é um fator mais acentuado, pois, enquanto que em outras ciências como a física e a matemática, o conjunto de signos empregados são claros e estabelecidos como convenções, os bioquímicos utilizam uma grande variedade de REs para ilustrar uma mesma estrutura ou fenômeno (SCHÖNBORN; ANDERSON, 2006), conforme exemplificado na Figura 1.

Figura 1 – Diferentes REs da alanina.



Fonte: LEHNINGER, NELSON, COX, p.16, 2014.

Legenda: três maneiras de representar a estrutura do aminoácido alanina. (a) fórmula estrutural em perspectiva; (b) modelo de esfera bastão; (c) modelo de volume atômico.

As REs utilizadas por bioquímicos, apresentam diferentes características estéticas (cores, formatos e tamanhos) e diferentes níveis de abstração (abstrato, estilizado e realista). Portanto, os alunos não só têm de traduzir entre os 3 níveis de organização, mas entre as REs que representam fenômenos em cada nível de abstração. Outra questão a ser considerada são as formas de representação utilizadas (bidimensional, tridimensional, analógico, estáticos, dinâmicos e multimídia). A combinação entre esses fatores se torna cognitivamente desafiadora para os alunos (SCHÖNBORN; ANDERSON, 2006).

A problemática do entendimento das REs não depende unicamente da ferramenta, mas também de como ela é manejada em sala de aula e da capacidade de leitura visual do aluno, isto é, seu nível de literacia visual (a capacidade de ler, interpretar e se expressar por meio das imagens). A visualização demanda um processo de extração de informações da RE e subsequente incorporação dessas informações às estruturas mentais construtoras de conhecimento. De acordo com a psicologia cognitiva, assim como a capacidade de ler e interpretar textos, a literacia visual também pode ser desenvolvida (TAUCEDA; PINO, 2013). Os autores Schönborn e Anderson (2006) destacam que a natureza da RE pode ter grande influência no processo de visualização e que a inclusão de um processo de alfabetização visual nos currículos de bioquímica é fundamental para melhorar o rendimento dos alunos.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização do estudo

Trata-se de uma proposta metodológica de ensino que apresenta caráter pedagógico complementar.

5.2 Procedimentos para a coleta de dados

Empreendeu-se uma busca na literatura acerca das dificuldades de interpretação das REs pelos alunos no intuito de levá-las em consideração na confecção dos modelos. Em seguida foram observadas as características que poderiam ser utilizadas neles, como: cores, formatos, formas de representação, proporção.

Os temas tratados pelos modelos foram decididos de acordo com o plano de ensino da disciplina Bioquímica da Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco. A disposição de temas ficou configurada da seguinte maneira:

- Oxidações biológicas;
- Enzimologia;
- Metabolismo de lipídeos;
- Metabolismo de carboidratos;
- Metabolismo de proteínas;
- Integração e regulação metabólica;
- Bioquímica do sangue;
- Metabolismo do álcool;
- Bioquímica do exercício;
- Vitaminas e minerais;
- Radicais livres.

Desses temas, foram excluídos vitaminas, minerais e integração e regulação metabólica. As vitaminas por não possuírem uma estrutura universal que as exemplificassem e os minerais por se tratarem de compostos químicos inorgânicos, não havendo necessidade de sua replicação para o ensino de bioquímica. Já a integração e regulação metabólica, por se tratar de interconexões e processos regulatórios de vias, torna-se um tema demasiado complexo para reprodução analógica.

Os temas foram estudados para definir quais reações ou mecanismos dentro de cada assunto seriam reproduzidos como modelos didáticos. Para isso também se considerou os mecanismos que os estudantes mais apresentam dificuldades de entendimento dentro da bioquímica. Nesse quesito, a experiência dos docentes da disciplina, bem como a trajetória de monitoria empreendida pelo pesquisador foram norteadoras do processo.

5.3 Materiais

- Porcelana fria;
- Arame galvanizado;
- Arame artesanal;
- Fio de nylon;
- Tintas;
- Verniz.

5.4 Instrumentos

- Pincéis;
- Alicates de bico.

6 RESULTADOS

A partir da revisão da literatura foi possível inferir que as principais dificuldades de compreensão ocorrem por meio de três fatores principais: 1- questões referentes à própria RE, como erros conceituais ou um elevado grau de complexidade que inviabilize seu uso para instrução de iniciantes; 2- o emprego inadequado ou descontextualizado da RE; 3- a falta de literacia visual de alguns alunos. Nesse sentido, o desenvolvimento de REs mais prontamente assimiláveis, o exercício da visualização e o processo de alfabetização visual despontam como aspectos importantes a serem considerados no processo de ensino de bioquímica.

Na elaboração dos modelos esfera-bastão, foram considerados os tamanhos relativos entre os átomos e as cores atribuídas a cada um dos elementos. Nos modelos comerciais convencionais a cor geralmente é o único fator utilizado para diferenciar um elemento de outro, a disposição de cores neles presentes normalmente são baseadas no sistema de coloração CPK (convenção de cores desenvolvida por Robert Corey, Linus Pauling e melhorado por Walter Koltun), apesar de que os REs presentes em livros didáticos e disponíveis na internet nem sempre obedecem a esse esquema.

Os tamanhos relativos dos átomos foram baseados no número atômico dos elementos, por exemplo, o hidrogênio que possui o número atômico 1 foi representado por uma esfera menor do que a do carbono (número atômico 6), que por sua vez apresenta uma esfera menor do que a do oxigênio (número atômico 8). Além das cores, optou-se por utilizar os símbolos que representassem cada elemento nas esferas para tornar os modelos mais didáticos, assim como as representações digitais 2D e 3D. As letras foram representadas em preto e branco (dependendo da cor de base da esfera), por esse motivo, foi elaborado um esquema próprio de cores (Quadro 1).

Quadro 1 – Esquema de cores para os elementos.

Cores	Elemento
Azul	hidrogênio
Preto	Carbono
Carmim	Nitrogênio
vermelho	Oxigênio
Amarelo	Fósforo

Fonte: O Autor, (2021).

A interatividade fornecida por alguns modelos foi pensada como recurso para criar um maior envolvimento com as REs elaboradas, representando reações e mecanismos por meio de peças móveis ou removíveis, estimulando a manipulação para a visualização dos processos que se propõem a ilustrar.

Para a elaboração dos modelos foram utilizados materiais baratos e fáceis de se encontrar em papelarias, armazéns de artesanato e casas de construção (materiais listados no item 5.3). Tratam-se de matérias primas de fácil manipulação e que não envolvem a utilização de recursos tecnológicos avançados para o seu manejo, deste modo, são facilmente replicáveis. No entanto, vale ressaltar que a confecção exige algum nível de habilidade manual que varia de acordo com o modelo em questão.

6.1 Oxidações biológicas

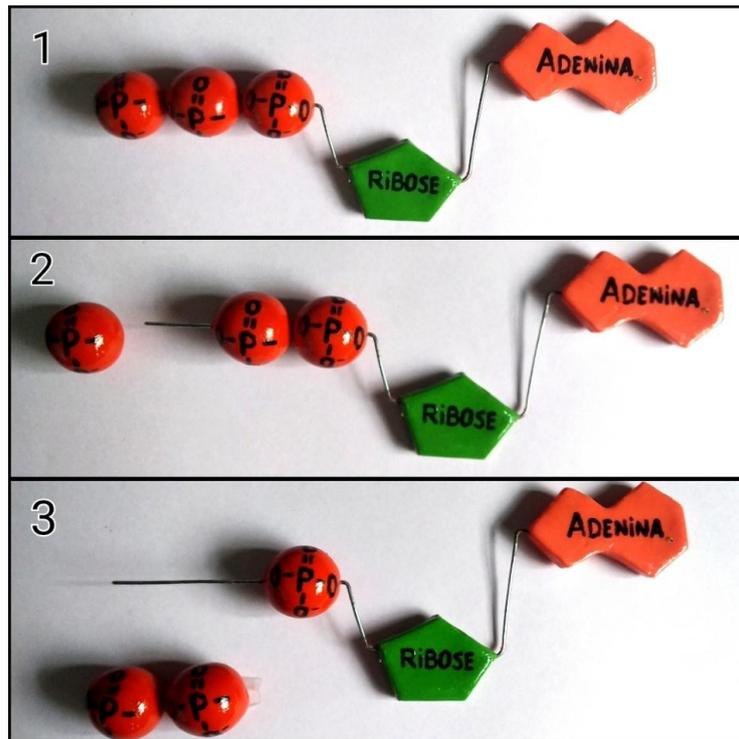
6.1.1 Modelo de ATP

A molécula adenosina trifosfato – ATP está no centro do metabolismo oxidativo, desempenhando um papel especial como moeda energética ao correlacionar catabolismo e anabolismo. Deste modo, foi importante a escolha do ATP para a reprodução e para o ensino.

Ao invés de representá-lo em um modelo molecular, optou-se por retratar seus blocos constitutivos de uma maneira simplificada (fosfatos como esferas, a ribose como um pentágono e o polígono irregular como a adenina) para tornar sua

apresentação mais didática. O modelo foi construído em porcelana fria sob uma base de arame galvanizado, que funcionou como uma espécie de “esqueleto”, servindo também para ilustrar as ligações entre os grupos moleculares, conforme mostrado na Imagem 1. As esferas que representam os fosfatos são removíveis possibilitando a demonstração dos tipos de hidrólise sofridas pelo ATP.

Imagem 1 – Modelo didático de ATP



.Fonte: O Autor, (2021).

Legenda: 1- molécula de ATP; 2- representação de transferência de ortofosforil e molécula de ADP; 3- representação de transferência de pirofosforil e molécula de AMP e transferência de adenilil.

6.2 Enzimologia

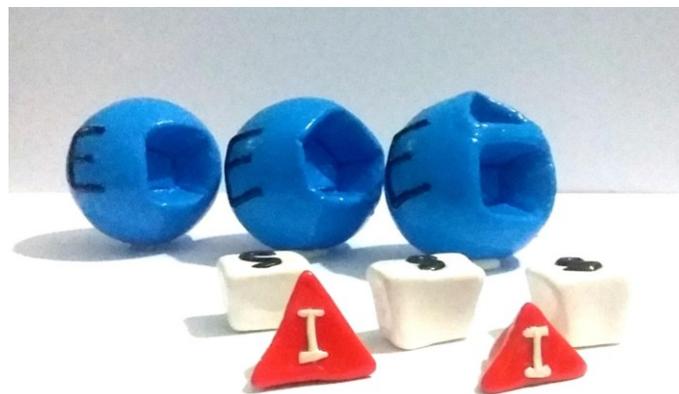
6.2.1 Modelos enzimáticos chave-fechadura

Esses modelos foram baseados nos conceitos desenvolvidos pelo químico alemão Emil Fischer, que, em seus estudos sobre a especificidade das enzimas, propôs, em 1894, a teoria de que as enzimas seriam estruturalmente complementares aos seus substratos de modo que o mecanismo seria semelhante ao encaixe de uma chave em uma fechadura. Embora essa ideia não seja suficiente para explicar a complexidade da catálise como outras teorias desenvolvidas

posteriormente, a teoria de Fischer contribuiu muito para o desenvolvimento da bioquímica e ainda hoje é discutida em sala de aula.

Portanto, a construção desses modelos foi pautada a ilustração do modelo chave-fechadura e também pelo motivo de que esse modelo, por sua simplicidade, facilita a explicação dos mecanismos de inibição enzimática. Logo, os protótipos foram idealizados para duas finalidades: 1- esclarecer o modelo chave-fechadura de Fischer; e 2- para explicar os tipos de inibição enzimática.

Imagem 2 – Modelos enzimáticos chave-fechadura



Fonte: O Autor, (2021).

Legenda: E: enzima; S: substrato; I: inibidor.

6.2.2 Modelo enzimático de encaixe induzido

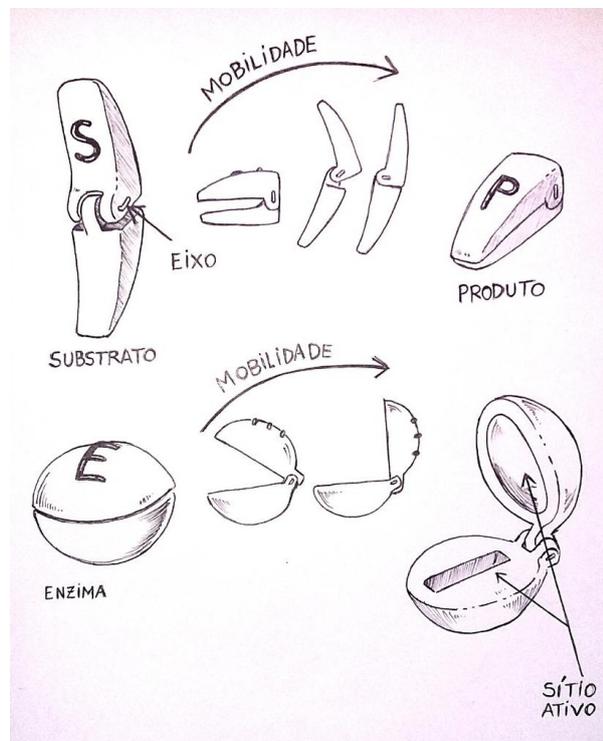
O modelo chave-fechadura de Fischer apresenta de forma clara e objetiva o processo de reconhecimento molecular entre receptores e ligantes, além de simplificar as diferenças entre agonistas e antagonistas parciais, tendo um grande valor didático no processo de ensino aprendizagem. Porém, induz o entendimento de que tanto o ligante quanto o receptor são estruturas rígidas, sendo uma teoria ineficiente para explicar o processo de catálise.

Logo, viu-se a necessidade de elaborar um modelo com base na teoria do encaixe induzido desenvolvida por Koshland e colaboradores (1966). A teoria sugere que o substrato, ao ligar-se ao sítio ativo, induz uma mudança conformacional na enzima que seria responsável pelo processo catalítico. Portanto, tanto o ligante quanto o receptor são entidades flexíveis que se correspondem por complexação. Esse modelo considera a capacidade indutora do substrato sob a estrutura

tridimensional da enzima, que, por sua vez, possui a capacidade de reconhecer o conjunto de conformações possíveis do substrato, provocando a mudança conformacional responsável pela conversão do substrato em produto.

Há muito tempo se sabe sobre a flexibilidade das proteínas, pois, elas possuem a capacidade de assumir um grande número de subestados conformacionais. Para representar essa flexibilidade foram construídas peças com eixo constituído de arame galvanizado, possibilitando ilustrar essa mobilidade no modelo didático (Figura 2).

Figura 2 – Conceito de design do modelo didático de encaixe induzido.



Fonte: O Autor, (2021).

O design foi elaborado visando possibilitar a explicação do modelo enzimático de encaixe induzido por meio do movimento mecânico entre as duas peças, ilustrando a conformação da enzima e a conversão do substrato em produto, conforme exemplificado na Figura 3.

Figura 3 – Planejamento da função mecânica do modelo.



Fonte: O Autor, (2021).

Imagem 3 – Modelo enzimático de encaixe induzido.



Fonte: O Autor, (2021).

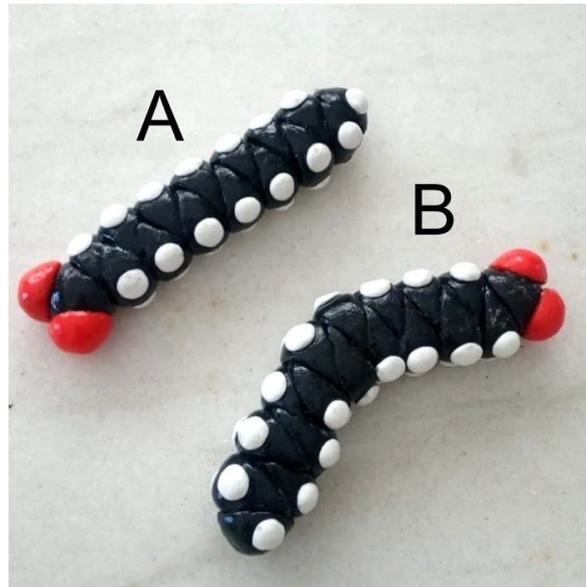
6.3 Metabolismo de lipídeos

6.3.1. Modelos de ácidos graxos

Os ácidos graxos são a principal forma de armazenamento de energia na forma de lipídeos, a compreensão de sua estrutura é fundamental para o entendimento do metabolismo lipídico. Para a construção desses protótipos, utilizou-se o modelo de volume atômico, que exclui os bastões e considera o raio de Van der Waals relativo.

O intuito por trás desses modelos é mostrar a estrutura básica dos ácidos graxos, dando enfoque às conformações das cadeias hidrocarbonadas em suas formas saturada e insaturada (Imagem 4).

Imagem 4 – Modelos didáticos de ácidos graxos



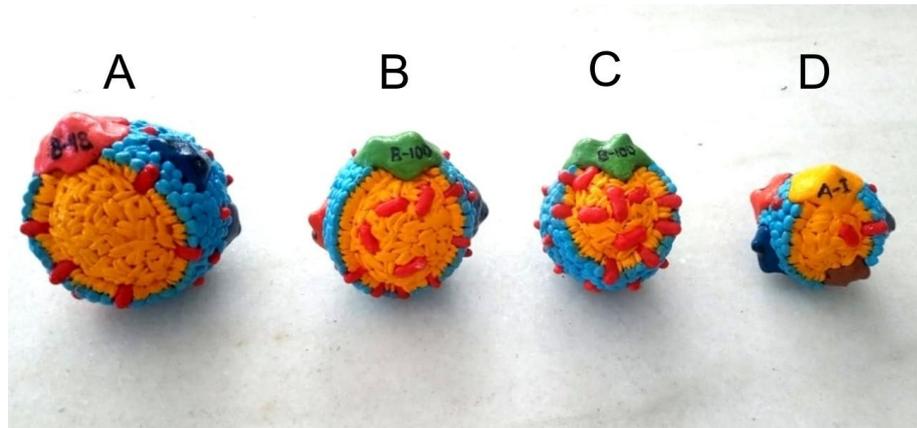
Fonte: O Autor, (2021).

Legenda: A, modelo de ácido graxo saturado. B, modelo de ácido graxo insaturado.

6.3.2 Modelos de lipoproteínas

A estrutura das lipoproteínas é considerada complexa pelos estudantes, principalmente pela grande quantidade de componentes funcionais nelas presentes. Os modelos de lipoproteínas foram elaborados considerando uma proporção que ilustra a diferença de densidade entre elas (quanto menor a densidade maior o conteúdo proteico resultando em maior diâmetro). Também foi considerada a composição de cada uma delas em sua representação, como demonstrado na Imagem 5. Vale destacar que as apoproteínas presentes nos modelos foram baseadas nas informações da literatura acadêmica (LEHNINGER, NELSON, COX, 2014), sendo definidas cores específicas para cada uma delas (Quadro 2).

Imagem 5 – Modelos didáticos de lipoproteínas.



Fonte: O Autor, (2021).

Legenda: A, quilomícron; B, VLDL; C, LDL e D, HDL.

Quadro 2 – Apoproteínas e suas lipoproteínas correspondentes e esquema de cores atribuídas às apoproteínas.

Apoproteína	Lipoproteína	Cor utilizada
A-I	HDL e Quilomícrons	Amarelo
A-II	HDL e Quilomícrons	Branco
A-IV	HDL e Quilomícrons	Marrom
B-48	Quilomícrons	Rosa
B-100	VLDL, IDL e LDL	Verde
C-I	Quilomícrons, VLDL, IDL e HDL	Bege
C-II	Quilomícrons, VLDL, IDL e HDL	Púrpura
C-III	Quilomícrons, VLDL, IDL e HDL	Azul ultramar
D	HDL	Roxo
E	Quilomícrons, VLDL, IDL e HDL	Laranja

Fonte: Adaptado de LEHNINGER, NELSON, COX, p.669, 2014.

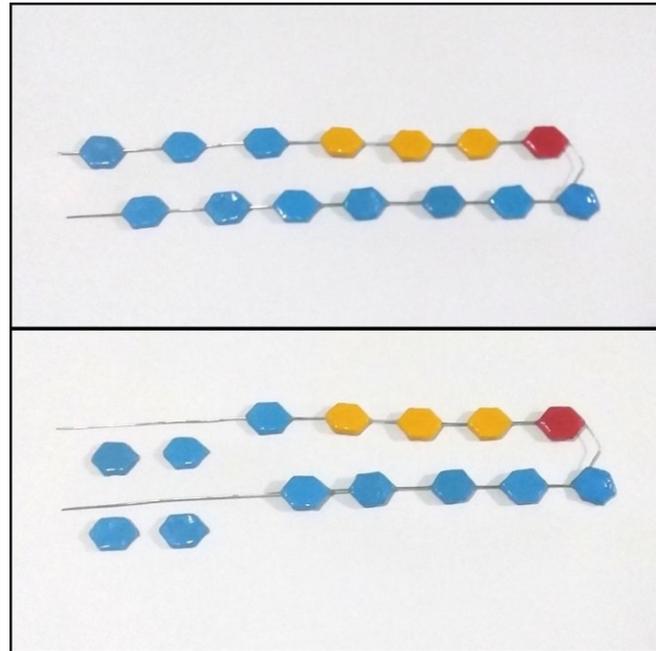
6.4 Metabolismo de carboidratos

6.4.1 Modelo de ramificação do glicogênio

O modelo foi idealizado não só para replicar a estrutura do glicogênio, mas também para explicar a ligação glicosídica no processo de síntese do glicogênio e

para explicar a glicogenólise. A base de arame galvanizado permite o deslizamento e remoção das peças de porcelana fria (os hexágonos), o que permite demonstrar a ligação glicosídica (ligação α 1-4) ao se encaixar uma das peças (representação de um resíduo de glicose) ao restante da cadeia representada pelo modelo (Imagem 6).

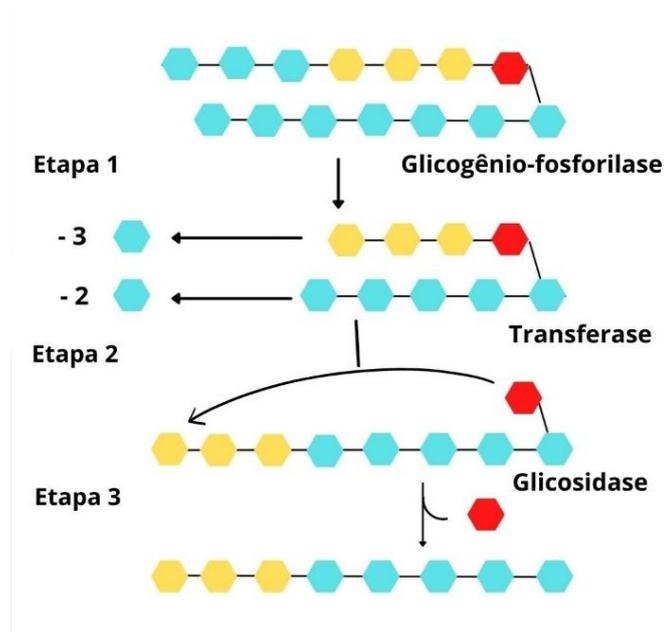
Imagem 6 – Modelo de ramificação do glicogênio.



Fonte: O Autor, (2021).

Os resíduos de glicose foram representados em azul, com exceção de quatro deles, desses, três tem a cor amarela, para destacar os que serão transferidos pela atividade da transferase da enzima de desramificação do glicogênio na glicogenólise e um em vermelho, sinalizando o resíduo que inicia uma ramificação (ligação α 1-6), o esquema apresentado na Figura 4 explica o processo.

Figura 4 – Esquema de explicação da glicogenólise com o modelo didático.



Fonte: O Autor, (2021).

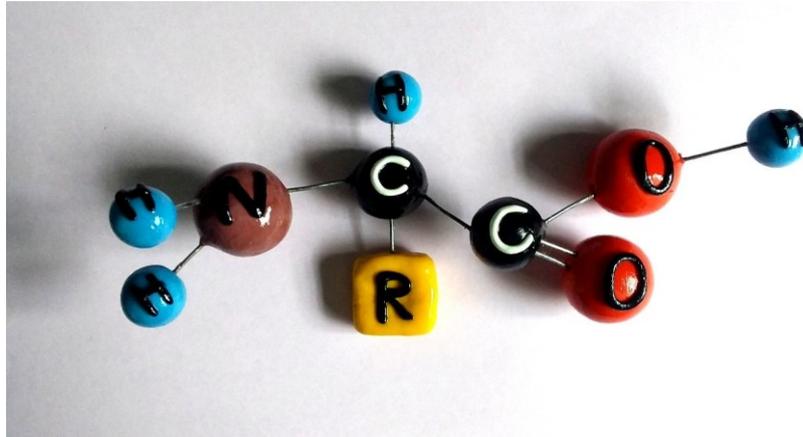
Legenda: etapa 1 – a enzima glicogênio-fosforilase remove os resíduos da extremidade não redutora da cadeia de glicogênio até restarem quatro resíduos antes de uma ligação α 1-6; etapa 2 – a transferase da enzima de desramificação do glicogênio transfere os 3 resíduos anteriores ao resíduo que forma a ligação α 1-6 para a cadeia adjacente; etapa 3 – a glicosidase da enzima de desramificação do glicogênio promove a hidrólise do último resíduo da ramificação.

6.5 Metabolismo de proteínas

6.5.1 Modelo de aminoácido

Construído em porcelana fria sob uma estrutura de arame galvanizado, a RE foi baseada no modelo de esfera bastão para demonstrar a estrutura básica de um aminoácido.

Imagem 7 – Modelo didático de aminoácido

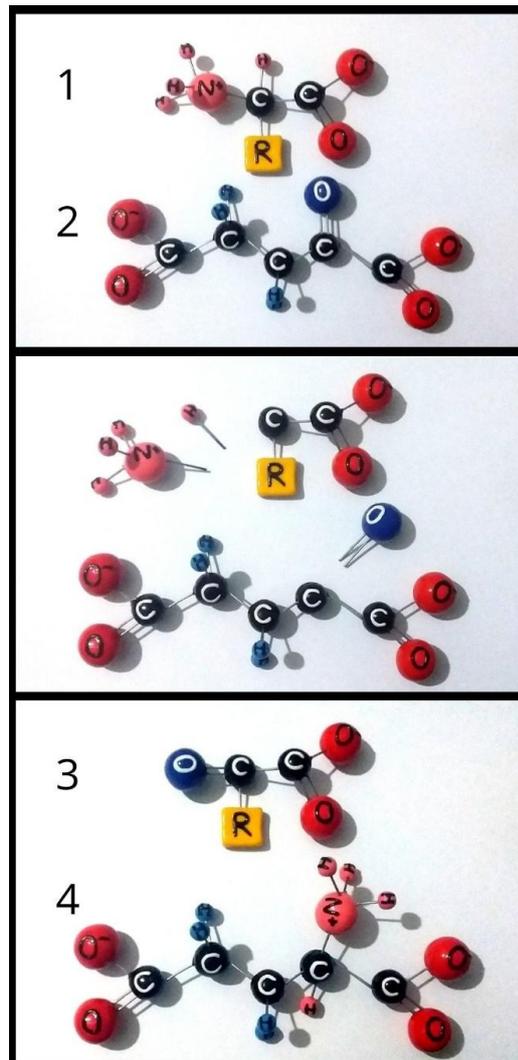


Fonte: O Autor, (2021).

6.5.2 Modelo de transaminação

Baseado no modelo de esfera bastão, este protótipo possui peças removíveis que possibilitam demonstrar as reações da transaminação, conforme demonstrado na Imagem 8. Neste modelo, algumas das cores estão alteradas em relação ao Quadro 1 (presente no item), pois, optou-se por representar o grupo amina e o hidrogênio do carbono central do aminoácido em rosa no intuito de destacar os grupos que serão transferidos para o α -cetoácido. Da mesma forma, um dos oxigênios do α -cetoácido foi representado em azul ultramar para destacar que será transferido para o aminoácido na reação representada.

Imagem 8 – Modelo didático de transaminação.



Fonte: O Autor, (2021).

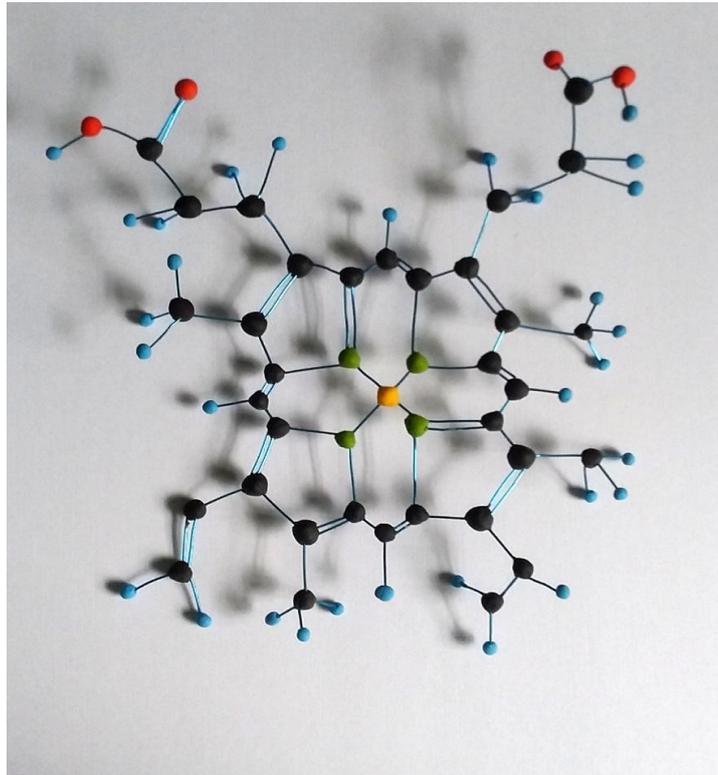
Legenda: 1- aminoácido qualquer; 2- α-cetoglutarato; 3- α-cetoácido correspondente; 4- glutamato.

6.6 Bioquímica do sangue

6.6.1 Modelo de grupo heme

Representado em porcelana fria sob uma estrutura de arame artesanal, o modelo replica a estrutura do grupo heme (Imagem 9), um átomo de ferro ligado a um anel heterocíclico de protoporfirina IX. Composto presente nas hemácias e como grupo prostético de algumas enzimas.

Imagem 9 – Modelo didático de grupo heme.



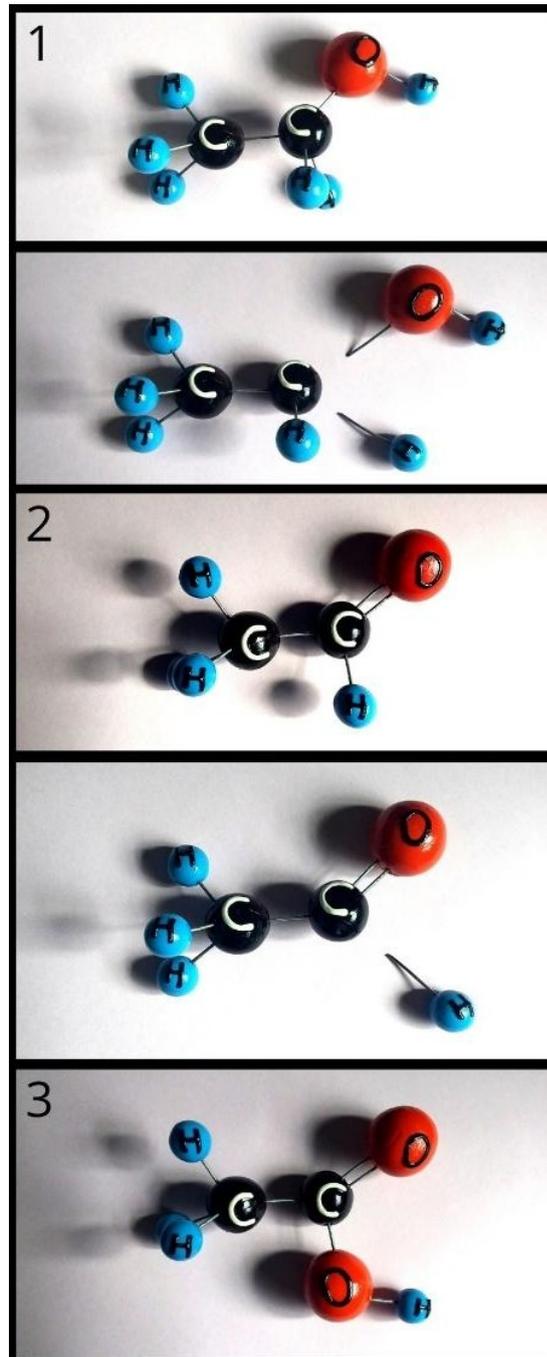
Fonte: O Autor, (2021).

6.7 Metabolismo do álcool

6.7.1 Modelo de conversão do etanol em acetato

A RE foi construída em porcelana fria sob uma estrutura de arame galvanizado. Possui peças removíveis que permitem ilustrar as etapas da reação de conversão do etanol em acetato, conforme demonstrado na Imagem 10.

Imagem 10 – Modelo didático de conversão do etanol em acetato.



Fonte: O Autor, (2021).

Legenda: 1 – estrutura química do etanol; 2 – estrutura química do acetaldeído; 3 – estrutura química do acetato.

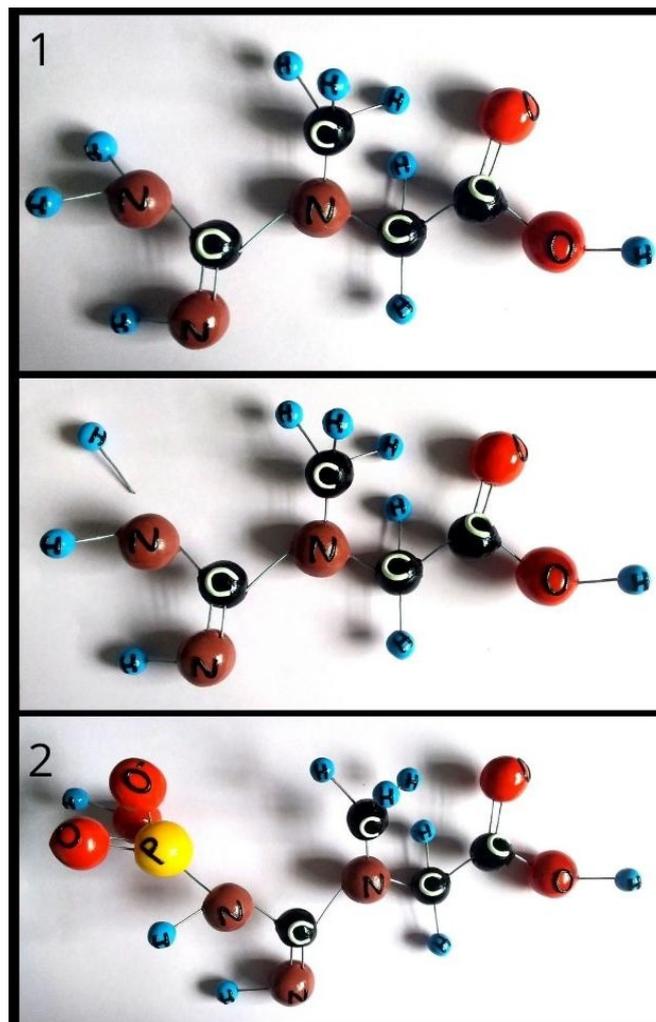
6.8 Bioquímica do exercício

6.8.1 Modelo de fosforilação da creatina

A creatina é um derivado de aminoácido sintetizado no fígado, rins e pâncreas, a partir da glicina e da arginina. É uma molécula envolvida no metabolismo energético e no exercício físico, também é um composto muito utilizado para suplementação de atletas com o intuito do aumento do desempenho físico.

O modelo foi elaborado com peças móveis para explicar o processo de fosforilação da creatina em creatina-fosfato (Imagem 11). Diferente da RE de ATP (seção 6.1.1), essa representação foi baseada no modelo esfera-bastão, possibilitando uma visão diferente do fosfato do que daquele apresentado anteriormente, bem como a visualização de um processo de doação de grupos fosforil.

Imagem 11 – Modelo de fosforilação da creatina



Fonte: O Autor, (2021).

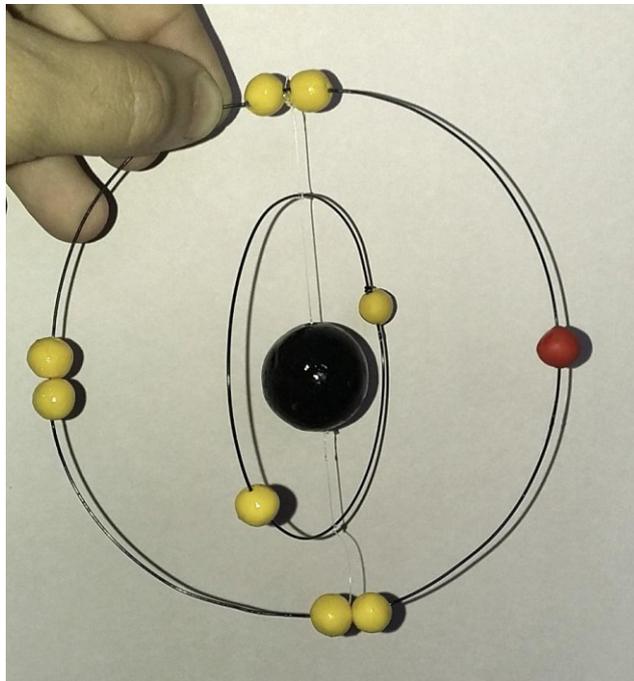
Legenda: 1- representação da molécula de creatina; 2- representação da molécula de creatina-fosfato.

6.9 Radicais livres

6.9.1 Átomo com elétron desemparelhado

Devido à dificuldade dos alunos em compreender o conceito de radical livre, viu-se a necessidade de criar um modelo atômico para ilustrar o despareamento eletrônico responsável pela instabilidade do radical. Modelo construído em porcelana fria sob estrutura de arame artesanal, a esfera central foi sustentada por um fio de nylon.

Imagem 12 – Modelo didático de átomo com elétron desemparelhado



Fonte: O Autor, (2021).

Legenda: Elétrons pareados representados em amarelo e elétrons desemparelhado em vermelho.

7 DISCUSSÃO

As relações entre as imagens e as estruturas cognitivas envolvidas no aprendizado são mais estreitas do que se pode imaginar por meio de um olhar superficial sobre o assunto. As ferramentas didáticas sempre foram importantes para intermediar as relações de ensino. No contexto da bioquímica, mais do que um elemento coadjuvante, as representações permitem a “visualização” aquilo que os olhos não conseguem, fornecendo os subsídios necessários para a formação de modelos mentais, e esses para o desenvolvimento da capacidade visuoespacial e conceitual de uma forma dinâmica e intuitiva.

O aumento dos trabalhos envolvendo o processo de visualização em ciências junto ao desenvolvimento acelerado das TICs, têm estimulado a crescente criação de ferramentas visuais, sobretudo as digitais (ALVES; FELIPE; MACHADO, 2019; SILVA; JORAS; SCHETINGER, 2020). De acordo com Teruya e colaboradores (2013), os tipos de suportes digitais mais empregados em pesquisas são os softwares interativos e multimídia, de forma inversa, as investigações acerca do uso de ferramentas concretas para visualização em bioquímica têm mostrado um declínio (JORAS; SCHETINGER, 2020).

Chönborn e colaboradores (2006) criticam a tendência da literatura de supor que as REs animadas e multimídia são superiores aos estáticos e bidimensionais, devido ao fato de que essas REs ao cruzarem muitos tipos de informações podem exigir maiores níveis de literacia visual para a sua compreensão. Lowe (2003) chegou a uma conclusão semelhante, atribuindo os possíveis motivos envolvidos nessa problemática à dois fatores: 1, o grande volume de informações integradas nesses tipos de REs, podem ser “cognitivamente opressoras”, como ele destaca; e 2, a aparência altamente dinâmica e com forte apelo estético pode distrair o observador, diminuindo seu grau de envolvimento com a RE.

Já Canning e Cox (2001) obtiveram achados positivos no uso de softwares de visualização no processo de ensino-aprendizagem. Outros autores, como Wu e colaboradores (2001) defendem o uso de ferramentas concretas e digitais para o melhor desenvolvimento da literacia visual dos alunos. De forma semelhante, em estudo desenvolvido por Dori e Barak (2001), os autores constataram que os alunos que foram submetidos a uma metodologia envolvendo o uso de REs concretas 3D e

REs virtuais alcançam uma melhor concepção visuoespacial dos fenômenos bioquímicos e do conceito de modelo, além de apresentar melhor capacidade de assimilação de novos conceitos.

Os diversos tipos de REs têm suas vantagens e benefícios, e dependem muito do contexto ao qual estão inseridas, afinal, como ferramentas didáticas apresentam um caráter complementar metodológico, apesar de que sua importância seja maior do que a de simples suportes. Há controvérsias quanto a atribuição de superioridade didática concedida a um ou outro tipo de RE, mas se torna evidente que contribuem de maneiras diferentes para o processo de formação de modelos mentais. Esse trabalho resgata o uso de REs analógicas no mar digital ao qual estamos submersos, não no intuito de substituir a inovação tecnológica, mas em caráter de fornecer alternativas.

Enquanto as REs digitais podem fornecer um contingente maior de informação e reproduzir características mais complexas pelo cruzamento de diferentes mídias, as REs concretas podem adicionar informações sensoriais que as digitais não podem, como o tato e uma visualização mais direta e natural. E essa questão dos sentidos e da aquisição de conhecimentos está muito presente na argumentação filosófica de Nietzsche:

(...) a maior parte do pensamento consciente deve ser incluída entre as atividades instintivas, até mesmo o pensamento filosófico; aqui se deve mudar o modo de ver, como já se fez em relação à hereditariedade e às “características inatas”. Assim como o ato de nascer não conta no processo e progresso geral da hereditariedade, também estar “consciente” não se opõe de algum modo decisivo ao que é instintivo (NIETZSCHE, p. 10, 2005).

Para Nietzsche o corpo e os sentidos estão na base do conhecimento, é a partir dos sentidos que somos afetados e que essa afetação é internalizada e ganha potência, para depois se tornar linguagem, ou seja, a forma como nos organizamos em relação aos objetos e ao espaço define muito de como pensamos a vida. Diferente do pensamento Socrático-platônico que se baseia em uma cisão entre corpo e alma, dissociando os processos do pensar dos processos do sentir.

Visando facilitar a interpretação das REs, no presente estudo levou-se em consideração não apenas aspectos conceituais mas também questões referentes às características estéticas. Foram observados diferentes fatores para definir os parâmetros adequados (cor, tamanho relativo e forma). Esses princípios foram

baseados em REs já consagradas na bioquímica, porém, levando-se em conta qual tipo de projeção seria mais adequada para visualizar determinada estrutura ou reação, por exemplo, os modelos didáticos de ácido graxo (item 6.3.2) foram representados utilizando a projeção de volume atômico porque facilita a visualização das formas das cadeias hidrocarbonadas, o que se tornaria mais complexo de verificar em um modelo esfera-bastão (modelo em que as esferas representam os átomos e os bastões as ligações químicas) devido aos hidrogênios que se projetariam para fora da cadeia carbônica.

De acordo com Farias e colaboradores (2015), para a construção de um modelo, há a necessidade da presença de elementos que remetam a uma extensão mínima do objeto representado e, para que o observador compreenda, o modelo deve conter informações que o destinatário conheça previamente, os complementos linguísticos. Portanto, para que haja a compreensão, o aprendiz deve possuir os elementos de decodificação necessários para interpretar a RE.

Deste modo, foram considerados dados químicos e físicos na construção dos modelos, como a correlação entre os tamanhos das esferas dos modelos esfera-bastão com o número atômico dos elementos químicos, os tipos de projeções moleculares a serem utilizadas em cada modelo e as convenções conceituais por trás dos mecanismos desenvolvidos em cada um deles. Todos esses fatores levam em conta os dados estabelecidos e que podem ser identificados pelos alunos durante as exposições.

Os poucos estudos acerca do uso de REs concretas em sala de aula, envolvem a utilização de modelos comerciais ou protocolos e relatos de experiência de aulas em que os alunos confeccionam os modelos em conjunto com os professores. Vale ressaltar que essas se tratam de metodologias aplicadas de forma pontual, em uma ou outra aula de forma excepcional. Diferente da proposta deste trabalho, que propõe a utilização de modelos em diversas aulas ao longo do semestre, visando um processo de sensibilização contínuo.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As dificuldades de interpretação das REs envolvem características extrínsecas e intrínsecas. As extrínsecas envolvem questões que não dependem da RE, como o contexto no qual estão sendo inseridas, a habilidade do professor que as maneja e o nível de literacia visual dos alunos. As questões intrínsecas envolvem a natureza da RE, como erros conceituais e a presença de elementos complexos que exijam maiores esforços cognitivos para a sua compreensão. Para contornar essas dificuldades, os modelos foram baseados em conhecimentos já estabelecidos, considerando os aspectos estéticos como o uso de cores, tamanhos e símbolos para diferenciar os elementos, com a escolha de projeções moleculares mais simples para visualizar os conceitos que se propõem a demonstrar e, com uso de peças interativas que permitem a visualização e manipulação de mecanismos e reações bioquímicas.

Como discutido no texto, um dos méritos das REs concretas é a possibilidade tátil que eles fornecem e, a esse respeito, há uma perspectiva futura muito interessante a ser colocada, a possibilidade de utilizá-las para a educação de pessoas com deficiência visual, podendo atuar no processo de inclusão, oportunizando o desenvolvimento de competências da bioquímica, que, como pudemos constatar, se trata de uma ciência muito dependente das projeções visuais. Essa possibilidade demonstra que outros caminhos podem ser construídos e descobertos ao longo da aplicação prática desses modelos.

De acordo com o que foi apresentado e discutido no presente estudo, sugere-se que os modelos criados possam ser aplicados como instrumentos facilitadores do processo ensino-aprendizagem, para tanto, faz-se necessário que se empreenda uma análise de verificação de sua validade didática, seja por meio de testes de literacia visual, seja por meio de estudos com grupos controle, o que abre horizontes para trabalhos futuros.

Vale ressaltar que ao longo deste estudo, observou-se que existem poucos trabalhos sobre a elaboração de novos modelos didáticos concretos. Outra questão importante a ser colocada é que esses trabalhos envolvem intervenções pontuais, o que é questionável, uma vez que o processo de aprendizado se constrói gradualmente, exigindo metodologias continuadas. Frente às questões referentes à

visualização e sua contribuição no processo de ensino-aprendizagem, sobretudo no ensino de bioquímica, fica clara a necessidade da construção de modelos mais compreensíveis pelos alunos e, que estes estejam amparados em um contexto de ensino integrado, contextualizado e baseado em metodologias ativas.

REFERÊNCIAS

ABREU, L.C. et al. A epistemologia genética de Piaget e o construtivismo. **Revista Brasileira Crescimento Desenvolvimento Humano**. São Paulo. v.20, n2, p. 361-366, 2010.

AGRA, g. et al. Análise do conceito de Aprendizagem Significativa à luz da Teoria de Ausubel. **Rev Bras Enferm**. João Pessoa-PB, v.72, n1, p. 258-65, 2019.

ALVES, a. F.; FELIPE, C. F. B.; MACHADO, L. S. Investigação de Novas Estratégias para o Ensino de Bioquímica Estrutural por meio de Realidade Aumentada. In: **CONGRESSO SOBRE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO**, 4., 2019, Porto Alegre. **Anais [...]** Porto Alegre: SBC, 2019, p. 11-19.

ALBUQUERQUE, M.A.C. et al. Bioquímica como Sinônimo de Ensino, Pesquisa e Extensão: um Relato de Experiência. **Revista Brasileira de Educação Médica**. Petrolina-PE, v. 36 , n.1, p. 137 – 142, 2012.

AVEGERINOU, M.; ERICSON, J. A review of the concept of visual literacy. **British Journal of Educational Technology**. Oxford, v.28, n.4, p. 280-291, 1997.

BANDEIRA, D. Material didático: conceito, classificação geral e aspectos da elaboração. In: BANDEIRA, D. **Materiais didáticos**. Curitiba, PR: IESDE, 2009. P. 13-33. Disponível em: file:///home/chronos/u-6a7299d2416b6ebc7a7d9becae64577a1812ee7b/MyFiles/Downloads/Materiais_didaticos.pdf. Acesso em: 05 dez. 2021.

BORDINHÃO, J. P. O uso de materiais didáticos como instrumentos estratégicos ao ensino-aprendizagem. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, v. 73, n.1, p. 14, 2015.

BAPTISTA, F. Concepção de suportes didáticos para FCT. In: BAPTISTA, F. **Métodos, técnicas pedagógicas e suportes didáticos em contexto real de trabalho**: manual do formando. Lisboa, 2007. Disponível em: <file:///home/chronos/u-6a7299d2416b6ebc7a7d9becae64577a1812ee7b/MyFiles/Downloads/Manual%20suporte.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2021.

CANNING, D. R.; COX, J. R. Teaching the structural nature of biological molecules: molecular visualization in the classroom and in the hand of students. **Chemistry Education Research and Practice**. Murray, v. 2, n.2, p. 109-122, 2001.

CAPRA, F. **O Ponto de Mutação: A Ciência, a Sociedade e a Cultura Emergente.** Ed.30, São Paulo: Cultrix, 432 p. 1982.

CORRÊA, C.R.G.L. A relação entre desenvolvimento humano e aprendizagem: perspectivas teóricas. **Psicologia Escolar e Educacional.** São Paulo, v. 21, n. 3, p. 379-386, 2017.

DORI, Y, J.; BARAK, M. Virtual and Physical Molecular Modeling: Fostering Model Perception and Spatial Understanding. **Educational Technology & Society.** Massachusetts, v. 4, n.1, p. 61-64, 2001.

FARIAS, F. M. C. et al. Construção de um Modelo Molecular: Uma Abordagem Interdisciplinar Química-Matemática no Ensino Médio. **Revista Virtual de Química.** Niterói -RJ, v.7, n.3, 2015.

FERREIRA, C. R. ARROIO, A. O uso da visualização no ensino de química : a formação inicial do professor de química. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica.** São Paulo, v. 4, n.2, p.31-42, 2009.

FERREIRA, C. R. C.; GONÇALVES, H. J. L. Mapeando tendências da pesquisa na área de Educação em Bioquímica da SBBq de 2006 a 2016. **Revista de Ensino em Bioquímica.** Paulista, v. 15, n. 1, p. 14-23, 2017.

FONTANILLE, J. A semiótica hoje: avanços e perspectivas. **Estudos Semióticos.** São Paulo, v.12, n.2, p. 1-9, 2016.

FREITAS, N. K. Representações mentais, imagens visuais e conhecimento no pensamento de Vygotsky. **Ciências & Cognição,** Rio de Janeiro, v. 6, n.2, p. 109-112, 2005.

GIUSTA, A.S. Concepções de aprendizagem e práticas pedagógicas. **Educação em Revista.** Belo Horizonte, v.29, n.1, p. 17-36, 2013.

HAMAWAKI, M. H.; PELEGRINI, C. M. As ferramentas do ensino a distância e suas contribuições para a eficácia no processo de aprendizagem do aluno. **Revista CEPPG.** Catalão, v.12, n. 21, p. 84-91, 2009

KUBO, M.O.; BOTOMÉ, S.P. Ensino-aprendizagem: uma interação entre dois processos comportamentais. **Interação.** Curitiba, v.5, n.1, p.133-171, 2001.

LABURÚ, C. D.; ZOMPERO, A. F.; BARROS, M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 30, n.1, p. 7- 24, 2013.

LEHNINGER, T. M.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Fundamentos da química. *In: Princípios de Bioquímica*. 6.ed. Porto Alegre-RS: Artmed, 2014. p.1-39.

LOGUERCIO, R.; SOUZA, D.; PINO, J. C. D. Educação em bioquímica: um programa disciplinar. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, 2003.

LOGUERCIO, R; SOUZA, D; PINO, J. C. D. Mapeando a educação em bioquímica no Brasil. **Ciênc. cogn.** Rio de Janeiro, v. 10, n. 4, p. 147-155, mar. 2007 .

LOWE, R. K. Animation and learning: selective processing of information in dynamic graphics. **Learning and Instruction**. Oxford, v.13, n.2, p.157-176, 2003.

MAYER, E. R. Meaningful learning from words and pictures: An educational psychology of multimedia. **American Psychological Association, Newsletter for educational psychologists**. Santa Bárbara, v. 24, n. 2, p.31-43, 2001.

MERCÊS, A. A. D.; MACIEL, J. C. Bioquímica para estudantes da área de saúde: importância e alternativas de ensino. **Health and Diversity**. Boa vista- RR, v. 2, p. 52-56, 2018.

NEUFELD, C.B.; BRUST, P.G.; STEIN, L.M. Bases Epistemológicas da Psicologia Cognitiva Experimental. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**. São Paulo, v.27, n.1, p. 102-112, 2011.

NIETZSCHE, F. W. **Além do bem e do mal**: prelúdio para uma filosofia do futuro. 1.ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

RAFAEL, J.; CORDEIRO, C. O processo de aprendizagem sob a perspectiva Piagetiana. *In: Psicologia. PT*. 2014. Disponível em: <https://www.psicologia.pt/artigos/textos/A0816.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2021.

SANTOS, et al. O uso das ferramentas digitais no ensino remoto acadêmico: desafios e oportunidades na perspectiva docente. *In: CONEDU CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO*, 7, 2020. **Anais [...]** Campina Grande: Realize Editora,

2020. Disponível em:

https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2020/TRABALHO_EV140_MD1_SA19_ID3875_31082020225021.pdf. Acesso em: 05 dez. 2021.

SANTOS, V.J.S.V. **Estudo da literacia visual contextualizada no conteúdo de metabolismo e análise da aprendizagem em bioquímica**. 2014. 250 p. Tese (Doutorado biologia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

SILVA, T. V. F.; JORAS, L. E.; SCHETINGER, M. R. C. Como o uso da imagem pode ser uma ferramenta para o desenvolvimento da argumentação científica no ensino de bioquímica na graduação?. **Revista Humanidades e Inovação**. Palmas, v.8, n. 46, p. 398-414, 2021.

SOLNER, T. B., et al. O ensino de Bioquímica no Brasil: um olhar para a educação básica. **Revista Debates em Ensino de Química**, Recife, v. 5, n. 2, p. 126–137, 2019.

SOLNER, T. B.; FERNANDES, L. da S.; FANTINEL, L. O ensino de Bioquímica: uma investigação com professores da rede pública e privada de ensino. **Revista Thema**, Pelotas, v. 17, n. 4, p. 899-911, 2020.

SCATIGNO, A.C.; TORRES, B.B. Diagnósticos e intervenções no Ensino de Bioquímica. **Revista de Ensino de Bioquímica**. Sorocaba-SP, v.24, n.1, 2016.

SCHNEIDER, M. H. ; DUTRA, A. M. ; MAGALHÃES, C. R. . Metodologias ativas no ensino de Bioquímica: abordagens articuladas ao cotidiano profissional. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE DOCÊNCIA UNIVERSITÁRIA, 10., 2018, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2018.

SCHÖNBORN, K. J.; ANDERSON, T. R. The Importance of Visual Literacy in the Education of Biochemists. **Biochemistry and Molecular Biology Education**. Hoboken, v.34, n.2. p. 94–102, 2006.

TAUCEDA, K.C.; PINO, J. C. D. Os conhecimentos prévios e as implicações na aprendizagem significativa de David Ausubel na construção do modelo mental da membrana celular no ensino médio. **Meaningful Learning Review**. Porto Alegre, v.3, n.2, p. 77-85, 2013.

TERUYA, L. C.; MARSON, G. A. Visualização no Ensino de Química: apontamentos para a pesquisa e desenvolvimento de recursos educacionais. **Química nova**. São Paulo, v.36, N.4, 561-569, 2013.

VARGAS, L.H.M. et al. A Bioquímica e a Aprendizagem Baseada em Problemas. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**. Londrina-PR, v.1, n.1, p. 1-5, 2001.

VILLAÇA, I.C. Arte-Educação: A Arte como Metodologia Educativa. **Cairu em Revista**. Salvador, v.3, n.4, p. 74-85, 2014.

WU, H. K., KRAJCIK, J. S.; SOLLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**. Hoboken, v. 30, n.7, p. 821-842, 2001.