

Ensinar e aprender sobre enzimas na graduação: possibilidades e desafios na docência em bioquímica

RESUMO

O ensino e a aprendizagem de Bioquímica envolvem a compreensão de processos químicos que regulam funções biológicas essenciais. Neste estudo, foram investigadas as possibilidades de ensino e as lacunas conceituais de aprendizagem sobre enzimas no ensino superior, a partir da análise de estudos realizados anteriormente e da aplicação de um questionário com graduandos de um curso de Licenciatura em Química e de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Os resultados apontam dificuldades, sobretudo, na compreensão de conceitos específicos como, funções, classificações e interações enzimáticas, por parte dos estudantes. Altos índices de compreensões ausentes, confusas e desconhecidas foram verificados. Tais resultados impactam diretamente no processo de ensino e configuram-se como um desafio para a ação docente dos professores universitários, que se evidencia diante dos poucos trabalhos que abordam o ensino de enzimas, especialmente no ensino superior. Conclui-se que a articulação entre as dificuldades de compreensão conceitual dos graduandos e as possibilidades didáticas é um ponto a ser mais explorado, de modo a promover a reflexão sobre as práticas pedagógicas para a superação de tais dificuldades e a ampliação do repertório docente dos professores de Bioquímica.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino Superior; Formação de Professores; Dificuldade de Aprendizagem; Problemas de Aprendizagem; Química.

Teaching and learning enzymes in undergraduate education: possibilities and challenges of teaching in biochemistry

ABSTRACT

Teaching and learning Biochemistry involve understanding chemical processes that regulate essential biological functions. In this study, teaching possibilities and conceptual learning gaps related to enzymes in higher education were investigated through an analysis of previous studies and the application of a questionnaire to undergraduate students enrolled in a Chemistry Teacher Education program and a Biological Sciences Teacher Education program. The results indicate that students experience difficulties mainly in understanding specific concepts such as enzymatic functions, classifications, and interactions. High levels of absent, confused, and unknown understandings were identified. These findings directly impact the teaching process and represent a challenge for university instructors' teaching practice, particularly in light of the limited number of studies that address enzyme teaching, especially at the undergraduate level. It is concluded that articulating students' conceptual understanding difficulties with didactic possibilities is an area that requires further exploration, in order to promote reflection on pedagogical practices aimed at overcoming these difficulties and expanding the pedagogical repertoire of Biochemistry instructors.

KEYWORDS: Higher Education; Teacher Education; Learning Difficulties; Learning Problems; Chemistry.

Isaquel de Moura Ribeiro

Azevedo

isaquiel.azevedo@gmail.com

orcid.org/0000-0002-4208-0227

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Santa Catarina, Brasil

Brenno Ralf Maciel Oliveira

brenno.oliveira@udesc.br

orcid.org/0000-0002-4103-4739

Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Joinville, Santa Catarina, Brasil

INTRODUÇÃO

O ensino de Bioquímica nos cursos de graduação desempenha um papel importante no desenvolvimento dos graduandos, pois envolve conhecimentos interdisciplinares (Almeida *et al.*, 2014; Balinha & Wyse, 2023) que contribuem para a compreensão dos processos biológicos em nível molecular, incluindo fenômenos químicos que ocorrem nos organismos vivos e o estudo de componentes como proteínas, carboidratos, ácidos nucleicos e lipídeos, bem como de suas estruturas, funções, vias metabólicas e mecanismos de regulação (Albuquerque *et al.*, 2012; Silveira & Rocha, 2016).

Nesse contexto, os conteúdos abordados nas disciplinas de Bioquímica incluem, por exemplo, as propriedades da água, os sistemas tampão, os aminoácidos, as enzimas e a cinética enzimática, bem como as vitaminas e o metabolismo dessas biomoléculas, proporcionando uma visão ampla e integrada da área (Instituto Federal Catarinense, 2022; Universidade do Estado de Santa Catarina, 2017).

Dentre os diversos temas abordados na Bioquímica, destaca-se o estudo das enzimas, moléculas essenciais para a catálise de reações bioquímicas e para a manutenção dos processos vitais (Almeida *et al.*, 2014). As enzimas são biomoléculas de natureza proteica ou constituídas por RNA que catalisam reações químicas específicas, reduzindo a energia de ativação necessária para a transformação dos substratos em produtos (Nelson & Cox, 2014). Além disso, atuam na degradação de nutrientes, na conversão de energia e na síntese de macromoléculas. As enzimas são amplamente utilizadas na engenharia química, na tecnologia de alimentos e na agricultura, com aplicações terapêuticas e industriais, bem como em diversas áreas científicas e tecnológicas (Nelson & Cox, 2014).

Dessa forma, conhecer a estrutura, o mecanismo de ação e a regulação enzimática é relevante em diversas áreas, especialmente nas Ciências Biológicas e na Química, não se restringindo aos aspectos teóricos, mas abrangendo também aplicações biotecnológicas, industriais e médicas. A compreensão da cinética enzimática requer o entendimento dos conceitos de enzima e catálise. Os catalisadores são substâncias que podem aumentar a velocidade de uma reação química sem serem consumidas. As enzimas, por sua vez, são proteínas que fazem parte desse grupo, atuando na regulação e na aceleração das reações no organismo (Seibert & Tracy, 2014).

No contexto da Química, o estudo enzimático desempenha um papel fundamental, pois enzimas projetadas oferecem uma solução sustentável para a síntese de moléculas orgânicas complexas, além de possibilitarem a degradação de resíduos plásticos e produtos químicos, contribuindo diretamente para o desenvolvimento de novos materiais e processos biotecnológicos (Buller *et al.*, 2023).

Na área das Ciências Biológicas, compreender as enzimas é fundamental tanto para o entendimento de processos biológicos quanto para o desenvolvimento de novas estratégias, como o EnzyACT, uma estratégia de aprendizado profundo que combina técnicas de gráficos e incorporação de proteínas para prever alterações na atividade enzimática após mutações (Li *et al.*, 2024). Apesar dessa importância, Xavier *et al.* (2023) discutem que os graduandos de Ciências Biológicas, muitas

vezes, apresentam dificuldades ou aversão às disciplinas da área de ciências exatas que, em parte, estão relacionadas às metodologias e estratégias de ensino utilizadas pelos professores.

A cinética enzimática é uma parte essencial do currículo dos cursos de graduação nas áreas de Química e de Ciências Biológicas, especialmente para estudantes interessados em áreas de pesquisa (Her *et al.*, 2015). A inclusão de exemplos de abordagens pode contribuir para uma compreensão ampla e integrada dos temas abordados, estimulando o pensamento crítico e a capacidade de conexão entre diferentes disciplinas.

Apesar dessa importância, muitos alunos apresentam ideias errôneas sobre a natureza das interações enzima-substrato, possuem ideias ingênuas sobre o sítio ativo e a falta de interações energeticamente orientadas (Linenberger & Bretz, 2015). Neste sentido, surgem concepções equivocadas sobre como as enzimas e os substratos interagem durante uma reação enzimática e uma compreensão simplificada ou incorreta desse processo. Isso pode dificultar a aprendizagem desses conceitos em Bioquímica, além de ocasionar distorções conceituais que interferem na progressão da aprendizagem, o que evidencia a necessidade de reflexão sobre o ensino e, consequentemente, sobre a formação dos professores. Assim, identificar e documentar as dificuldades dos estudantes na aprendizagem sobre os conceitos químicos pode ser uma estratégia importante para planejar e organizar as atividades realizadas com os estudantes (Marani *et al.*, 2017).

Os alunos frequentemente percebem a Bioquímica como uma disciplina de elevada complexidade e cujos conteúdos são de difícil assimilação, principalmente devido à ampla gama de estruturas químicas e reações que, muitas vezes, são apresentadas de maneira abstrata e desconectada da prática profissional (Albuquerque *et al.*, 2012; Alcantara *et al.*, 2022; Andrade *et al.*, 2017; Silveira & Rocha, 2016). Essa dificuldade se intensifica quando o ensino da disciplina ocorre nos primeiros semestres dos cursos de graduação, período em que os alunos ainda não possuem uma base consolidada para relacionar os conceitos teóricos com aplicações concretas em sua futura atuação profissional. Do mesmo modo, o ensino desse conteúdo pode apresentar desafios, especialmente quando abordado de maneira totalmente teórica e desvinculada da prática.

O ensino e a aprendizagem tornam-se desafiadores quando envolvem conceitos abstratos, o que pode comprometer a compreensão dos estudantes no ensino superior (Albrecht & Oliveira, 2020; Galieta, 2020; Cunha, 2011). Outros aspectos como a “dificuldade em concluir disciplinas de áreas específicas” e o “desinteresse” (Silva & Figueiredo, 2018) corroboram os argumentos apresentados nas discussões sobre os entraves enfrentados nesse contexto, evidenciando os desafios vivenciados por docentes e estudantes e a complexidade desse processo.

Muitas das dificuldades relacionadas aos conteúdos no ensino superior têm origem no ensino médio (Amaral *et al.*, 2024). Uma das principais dificuldades de aprendizado em Bioquímica está relacionada a lacunas oriundas da formação no ensino médio, o que evidencia desafios contínuos na compreensão e no aprendizado dos estudantes (Andrade *et al.*, 2017). Esse fenômeno pode estar relacionado a lacunas na formação básica, a metodologias de ensino pouco envolventes ou à complexidade progressiva dos conteúdos abordados em níveis mais avançados da educação.

Um estudo realizado com 622 estudantes do ensino superior, de cursos que partilham a disciplina de Bioquímica, inclusive os cursos de química e ciências biológicas, constatou que, entre os temas mais complexos dentro da Bioquímica, a biossinalização (33,3%), as enzimas (32,5%) e a integração do metabolismo (27,5%) se destacaram como alguns dos mais desafiadores para a compreensão dos alunos (Andrade *et al.*, 2017).

Haja vista as mudanças no perfil dos estudantes, evidencia-se a necessidade de transformar estratégias de ensino (Albrecht & Oliveira, 2020; Cunha, 2011). Nesse contexto, torna-se fundamental desenvolver e incorporar novas estratégias que favoreçam a articulação dos conhecimentos, considerando as evidências e perspectivas trazidas pelas pesquisas recentes.

Diante desse cenário, o presente trabalho foi delineado com o objetivo de identificar possibilidades didáticas envolvendo a temática das enzimas e caracterizar alguns desafios relacionados às dificuldades de aprendizagem dos estudantes na disciplina de Bioquímica, em um curso de Licenciatura em Química e em um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma universidade pública catarinense.

PERCURSO METODOLÓGICO

Este estudo é compreendido como uma pesquisa qualitativa, pois tem como foco a compreensão de aspectos subjetivos de um contexto específico, envolvendo o ensino e a aprendizagem, os quais não podem ser reduzidos à mera quantificação e/ou operacionalização de variáveis (Minayo, 2009). Este estudo corresponde a um recorte de uma investigação de mestrado e considera dois componentes fundamentais: a caracterização de trabalhos que exploram estratégias didáticas para ensinar conceitos da Bioquímica e a aplicação de um questionário para identificar dificuldades conceituais de graduandos na aprendizagem desses conceitos.

A busca dos trabalhos foi realizada no Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), com o objetivo de identificar artigos que explorassem estratégias e abordagens no ensino de Bioquímica, tanto em uma perspectiva geral quanto especificamente relacionadas às enzimas. Para tanto, foram utilizados os seguintes descritores: “Enzimas” AND “Ensino” OR “Ensino de Química” OR “Ensino de Bioquímica”. A seleção foi realizada com base nos critérios de inclusão previamente estabelecidos: ser artigo científico; ter sido publicado entre 2004 e 2024; ter sido submetido à revisão por pares; e estar voltado ao ensino e à aprendizagem em Química e Bioquímica no contexto brasileiro.

Inicialmente, foram avaliados os títulos, os resumos e as palavras-chave para identificar os artigos que atendiam aos critérios estabelecidos. Posteriormente, foi realizada a leitura integral dos artigos pré-selecionados, com a identificação dos principais aspectos de cada texto. Com a finalidade de contemplar os objetivos estabelecidos neste estudo, buscou-se identificar lacunas no conhecimento, entendidas como aspectos do tema ainda não suficientemente explorados. Para a análise, os artigos foram organizados segundo autoria, título, ano de publicação e enfoque do trabalho.

Na segunda etapa, foi elaborado, validado e aplicado um questionário com vinte e dois (22) alunos de duas turmas de licenciatura, uma de Química (8 alunos) e a outra de Ciências Biológicas (14 alunos), buscando compreender e avaliar seus conhecimentos sobre a temática enzimas e identificar suas dificuldades conceituais. O questionário foi organizado em três partes, conforme a Tabela 1, a Tabela 2 e a Tabela 3. Cabe ressaltar que todos os respondentes já haviam cursado a disciplina de Bioquímica em seus respectivos cursos de graduação.

Tabela 1

Questionário diagnóstico (QD) – caracterização pessoal e percepções

Questões – Parte I
1. Nome
2. Idade
3. Sexo biológico
4. Em qual rede de ensino você concluiu seu Ensino Médio? () Estadual; () Federal; () Privada.
5. Quanto tempo faz que terminou o ensino médio? () 1 ano ou menos; () 2 anos; () 3 anos; () 4 anos; () 5 anos ou mais.
6. Há quanto tempo você cursou a disciplina de Bioquímica na graduação?
7. Aponte conceitos da Biologia e conceitos da Química que foram importantes para seu aprendizado na disciplina de Bioquímica na graduação.
8. Quais foram os assuntos mais desafiadores para você ao aprender sobre Bioquímica?
9. Quais são as principais dificuldades que você enfrentou ao estudar enzimas?

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 2

Questionário diagnóstico (QD) – aspectos conceituais

Questões – Parte II
10. O que é um substrato?
11. O que são enzimas?
12. Relacione a atuação das enzimas com a energia de ativação em uma reação química.
13. Qual é a função do sítio ativo de uma enzima?
14. Quais são as classificações (nome das classes) das enzimas?
15. O que é pH ótimo de uma enzima?
16. Como a temperatura e o pH afetam a atividade enzimática?
17. Quais são as classificações dos aminoácidos com base em seus grupos R (ou cadeias laterais)?

Fonte: Autoria própria (2025).

Tabela 3*Questionário diagnóstico (QD) – aspectos contextuais aplicados*

Questões – Parte III
18. Descreva os processos bioquímicos que levam ao escurecimento de uma banana mesmo quando armazenada em ambientes com baixas temperaturas.
19. Ao se limpar um machucado com peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂) ocorre borbulhamento na região do ferimento, pois ali temos células que possuem as organelas peroxissomos. Explique esse fenômeno e sua relação com as enzimas.
20. A pepsina é uma enzima presente no suco gástrico, que é produzido pelas células das glândulas no estômago. Explique como a pepsina atua durante a digestão de proteínas e relacione essa atuação com a variação de pH na presença de suco gástrico estomacal.
21. Durante uma febre alta, o corpo humano experimenta uma elevação significativa na temperatura, e em casos isolados, a temperatura corporal pode exceder os níveis normais (42 °C), condição que pode afetar as proteínas presentes no organismo. Explique como essa condição pode influenciar o funcionamento das proteínas corporais.
22. A replicação do DNA em células eucarióticas é um processo altamente coordenado e requer a ação coordenada de enzimas e proteínas para garantir a replicação precisa e completa do genoma. Sobre as enzimas envolvidas no processo de replicação do DNA, descreva suas respectivas funções: DNA-Topoisomerase; DNA-Polimerase; DNA-Helicase; DNA-Ligase; DNA-Primase.
23. Descreva as funções das enzimas no processo de produção de etanol a partir de biomassa, destacando sua atuação na obtenção de etanol como biocombustível.

Fonte: Autoria própria (2025).

O questionário foi aplicado presencialmente por meio da plataforma do Google Formulários, em conformidade com os procedimentos éticos aprovados para a pesquisa (CAAE 61121822.5.0000.0118). Os participantes tiveram acesso aos detalhes da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Para garantir a privacidade e a proteção das pessoas envolvidas, os nomes dos participantes foram trocados por nomes fictícios.

O processo de análise e tratamento de dados baseou-se na Análise de Conteúdo (Bardin, 2016), organizada em três etapas principais: I) Pré-análise – envolvendo a “leitura flutuante” de todo o material; a “seleção do corpus do material” a partir de critérios de inclusão e exclusão para os diálogos ou as respostas analisadas; e a “formulação de hipóteses” para possíveis indagações (Bardin, 2016; Valle e Ferreira, 2024); II) Exploração do material – envolvendo a “codificação” das respostas do questionário/diálogo em unidades de registro, com significado para a análise; e a posterior “categorização” dessas unidades (Bardin, 2016; Valle e Ferreira, 2024); III) Tratamento dos resultados e interpretação – compreendendo a “análise dos dados categorizados” e a “inferência de padrões” a partir dos resultados, buscando relacionar as categorias identificadas e às indagações formuladas inicialmente e, por fim, a “interpretação final” dos resultados no contexto do estudo, atribuindo-lhes significados (Bardin, 2016; Valle & Ferreira, 2024). Com base nessa perspectiva da Análise de Conteúdo, utilizou-se o NVivo 14® para a categorização e análise qualitativa dos dados, com o emprego dos marcadores de codificação apresentados na Tabela 4.

Por fim, os dados foram organizados e quantificados em planilhas do Microsoft Excel®, permitindo uma organização estruturada da análise e categorização por

meio de uma análise quantificada das dificuldades identificadas, a fim de interpretar qualitativamente os resultados dos aspectos mais significativos.

Tabela 4

Marcadores utilizados para codificação das respostas

Marcadores	Código	Definição
Compreensão Conceitual Total	CCT	Apresentação de respostas totalmente corretas.
Compreensão Conceitual Incompleta	CCI	Apresentação de respostas incompletas faltando um ou mais aspectos centrais.
Compreensão Conceitual Confusa	CCC	Apresentação de respostas com confusão entre os conceitos ou contraditórias.
Compreensão Conceitual Ausente	CCA	Apresentação de respostas incorretas totalmente e/ou fora do contexto.
Compreensão Conceitual Desconhecida	CCD	Momentos que responderam (não sei; não me lembro; não estudamos sobre).
Compreensão Conceitual Confusa, Ausente e Desconhecida	ACD	Agrupamento dos marcadores CCC, CCA e CCD para sintetizar os dados finais.

Fonte: Autoria própria (2025).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultado da etapa da caracterização dos trabalhos sobre o ensino de Bioquímica, foram identificados 15 artigos que atendiam aos critérios de inclusão definidos na metodologia deste estudo. Os trabalhos foram organizados de acordo com o ano de publicação, a autoria, o título, o periódico, o nível de ensino contemplado na discussão e o tipo de estratégia didática explorada. A Tabela 5 apresenta os principais aspectos dos artigos considerados elegíveis.

Tabela 5
Trabalhos que discutem o ensino de Bioquímica

Ano	Autoria	Título do Artigo	Revista
2022	Bevilaqua <i>et al.</i>	Demonstração bioluminescente de ATP com luciferase recombinante de vagalume em aulas práticas de bioenergética	R1-EM
2022	Monteiro <i>et al.</i>	Ensino por Investigação em aulas de Química: Construindo a argumentação através da problemática “Por que as bananas escurecem?”	R2-EM
2021	Gonçalves.	Experimentando a Biologia: uma proposta de aula prática sobre a atividade enzimática da catalase	R3-EM
2021	Mendonça & Fontana.	Variação da concentração de vitamina C em sucos de laranja armazenados com diferentes condições de luminosidade e temperatura	R4-EM
2021	Freire <i>et al.</i>	Análise da atividade da enzima creatina quinase e da isoenzima CK-MB – Simulação para ensino remoto	R1-EM
2020	Martins <i>et al.</i>	O Papel dos Modelos Computacionais e das Analogias na Aprendizagem do Processo de Interação Fármaco-Enzima no Ensino Fundamentado em Modelagem	R5-EM
2020	Pastore & Pirovani.	Vamos aprender sobre a ação das enzimas?	R6-EM
2019a	Almeida & Bossolani-Kiill.	Modelagem tridimensional: reflexões de futuros professores de química para o ensino e aprendizagem da interação enzima-substrato	R1-EM
2019b	Almeida & Bossolani-Kiill.	Construção de Modelos 3D impressos como estratégia para a aprendizagem do conceito de interação enzima-substrato	R7-EM
2015	Oliveira <i>et al.</i>	Um jogo de construção para o aprendizado colaborativo de glicólise e gliconeogênese	R1-EM
2014	Almeida <i>et al.</i>	Das enzimas à análise sensorial: relato de aula prática interdisciplinar	R1-EM
2014	Clerici <i>et al.</i>	Escurecimento Enzimático: Uma Aula Prática	R1-ESM
2013	Tauceda <i>et al.</i>	O estudo da célula através de situações-problema relacionados a enzima: uma proposta para aprendizagem significativa no referencial dos campos conceituais com alunos do ensino médio	R8-EM
2011	Pinheiro & Pompilho.	O ensino de enzimas: uma abordagem experimental de baixo custo	R1-EM
2006	Clerici <i>et al.</i>	Digestão de carboidratos usando digestivos enzimáticos comerciais – uma aula prática	R1-EM

Legenda: ES - Ensino Superior; EM - Ensino Médio; ESM - Ensino Superior e Médio | R1 – Journal of Biochemistry Education; R2 – Revista Insignare Scientia – RIS; R3 – Revista Brasileira do Ensino Médio; R4 – Revista Thema; R5 – Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências; R6 – Health and Biosciences; R7 – Investigações em Ensino de Ciências; R8 – Enseñanza de las Ciencias (Online).

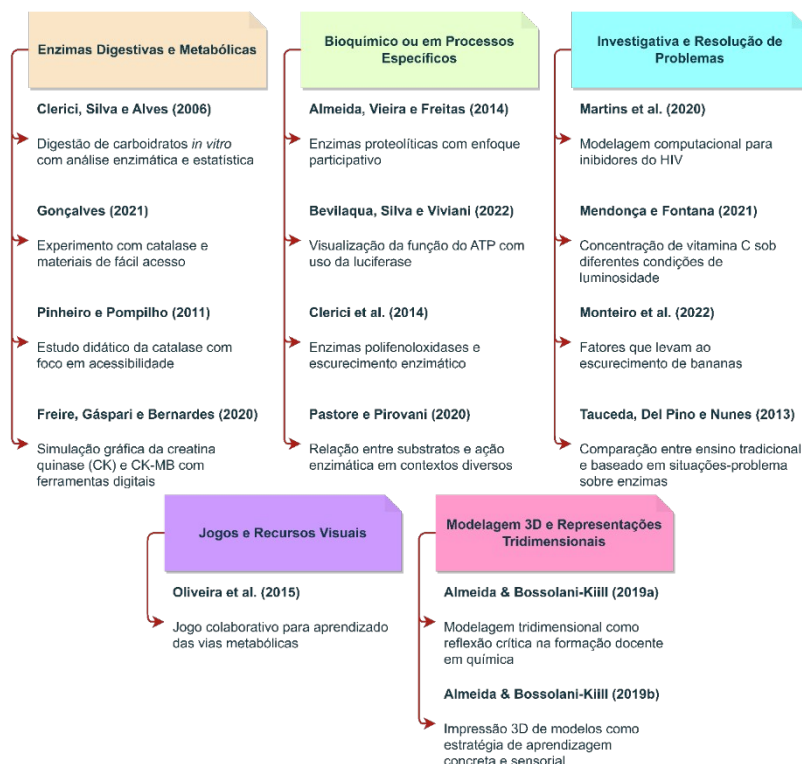
Fonte: Autoria própria (2025).

Alguns artigos encontrados apresentam abordagens voltadas à experimentação, com a premissa geral de proporcionar situações que fomentem práticas investigativas relacionadas ao estudo das enzimas (Almeida *et al.*, 2014; Clerici *et al.*, 2006; Bevilaqua *et al.*, 2022; Gonçalves, 2021; Clerici *et al.*, 2014; Monteiro *et al.*, 2022; Pinheiro & Pompilho, 2011). Diversos estudos criticam o modelo de ensino tradicional, ainda centrado no professor. As abordagens investigativas identificadas nesses trabalhos ultrapassam o âmbito da sala de aula, incentivando os estudantes a construir um conhecimento mais consolidado, que não apenas se limita ao ambiente acadêmico, mas que pode ser aplicado em situações fora desse contexto.

Os jogos constituem uma alternativa de ensino que pode contribuir para a aquisição de conhecimentos e favorecer maior interesse e aceitação dos estudantes em relação ao processo de ensino e aprendizagem (Alcantara *et al.*, 2022). Os dados indicam uma tendência à diversificação das metodologias e estratégias de ensino (Figura 1), por meio de práticas mais participativas e investigativas, que incorporam recursos tecnológicos e de estratégias como experimentação e gamificação, o que pode favorecer a aprendizagem dos discentes e estimular o desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas.

Figura 1

Enfoque dos artigos



Fonte: Autoria própria (2025).

Alguns estudos apresentam abordagens de ensino, como experimentos, simulações e atividades investigativas (Almeida *et al.*, 2014; Pastore & Pirovani, 2020; Monteiro *et al.*, 2022) que incentivam os discentes a participar ativamente do processo de aprendizagem. Um dos trabalhos, por exemplo, propõe um

experimento com enzimas proteolíticas para que os graduandos compreendam melhor as reações bioquímicas, destacando a importância de uma abordagem de ensino que favoreça a participação dos graduandos no processo de aprendizagem (Almeida *et al.*, 2014).

Algumas pesquisas evidenciam que atividades experimentais (Bevilaqua *et al.*, 2022; Clerici *et al.*, 2014; Clerici *et al.*, 2006; Gonçalves, 2021; Mendonça & Fontana, 2021; Pinheiro & Pompilho, 2011), incluindo propostas de baixo custo (Gonçalves, 2021; Pinheiro & Pompilho, 2011), constituem recursos valiosos para aproximar os conceitos teóricos de situações concretas. Esses experimentos não apenas permitem observar evidências relacionadas aos processos bioquímicos, mas também promovem uma compreensão mais profunda dos temas tratados.

Outros estudos exploraram a integração de ferramentas digitais e recursos visuais, como Paint e PowerPoint para a simulação de experimentos (Almeida & Bossolani-Kiill, 2019a; Almeida & Bossolani-Kiill, 2019b; Freire *et al.*, 2021; Martins *et al.*, 2020). Esses trabalhos sugerem que o uso de tecnologias pode facilitar a compreensão de processos complexos, como os mecanismos enzimáticos, por meio de representações visuais e dinâmicas.

Outra abordagem presente em um dos estudos é a gamificação, utilizada como ferramenta pedagógica por meio de jogos voltados, por exemplo, ao ensino das vias metabólicas. Essa abordagem apresenta-se como uma alternativa envolvente e colaborativa. A gamificação pode aumentar o envolvimento dos graduandos com a Bioquímica, além de estimular o aprendizado colaborativo e a visualização dos conceitos de maneira mais acessível (Oliveira *et al.*, 2015).

Vários estudos propõem inovações e apresentam crítica ao modelo de ensino tradicional. Isso evidencia a necessidade de superar práticas pedagógicas centradas no professor e ampliar iniciativas que promovam a investigação e a experimentação. A resolução de problemas complexos pode proporcionar maior envolvimento dos estudantes e favorecer a compreensão dos conceitos (Tauceda *et al.*, 2013). Muitas das abordagens investigativas destacam a integração de diferentes áreas do conhecimento. Por exemplo, em um experimento que explora a concentração de vitamina C em sucos de laranja, conceitos da Química e da Bioquímica podem ser ensinados de maneira contextualizada e interdisciplinar (Mendonça & Fontana, 2021).

A experimentação constitui um componente importante no processo de ensino e aprendizagem (Galieta, 2020), pois pode contribuir para a construção do conhecimento ao aproximar os estudantes dos fenômenos estudados e estimular sua participação ativa nas atividades educacionais. Entre as possibilidades didáticas no contexto educacional, as atividades prático-experimentais permitem que professores e estudantes articulem teoria e prática (Galieta, 2020), com a retomada de conhecimentos previamente abordados e a análise de evidências que contribuem para a compreensão e validação dos conceitos científicos.

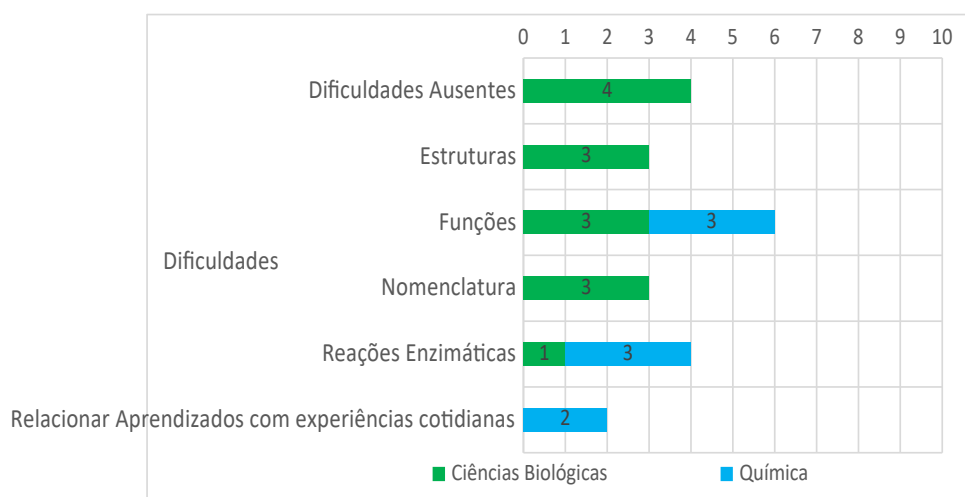
Diante do exposto, torna-se evidente a importância de refletir criticamente sobre as abordagens pedagógicas que têm sido empregadas no ensino de conteúdos complexos, como as enzimas. Apesar dos avanços, ainda são relativamente escassos os estudos que, especialmente no contexto do ensino superior, analisam a aprendizagem dos estudantes e exploram perspectivas de ensino capazes de favorecer maior envolvimento dos graduandos. Essa

constatação indica a necessidade de aprofundar a análise sobre como, de fato, os estudantes da graduação vêm aprendendo sobre enzimas nas disciplinas de Bioquímica, buscando compreender de que modo os significados são construídos nesse processo e identificar eventuais dificuldades conceituais ou lacunas formativas. Esse tipo de discussão pode subsidiar as práticas pedagógicas alinhadas às necessidades dos graduandos.

Nessa perspectiva, com base nas respostas dos estudantes ao questionário aplicado neste estudo, as funções enzimáticas foram apontadas como principal dificuldade em ambos os cursos, com três citações no curso de Química, conforme Figura 2.

Figura 2

Principais dificuldades dos graduandos relacionadas às enzimas



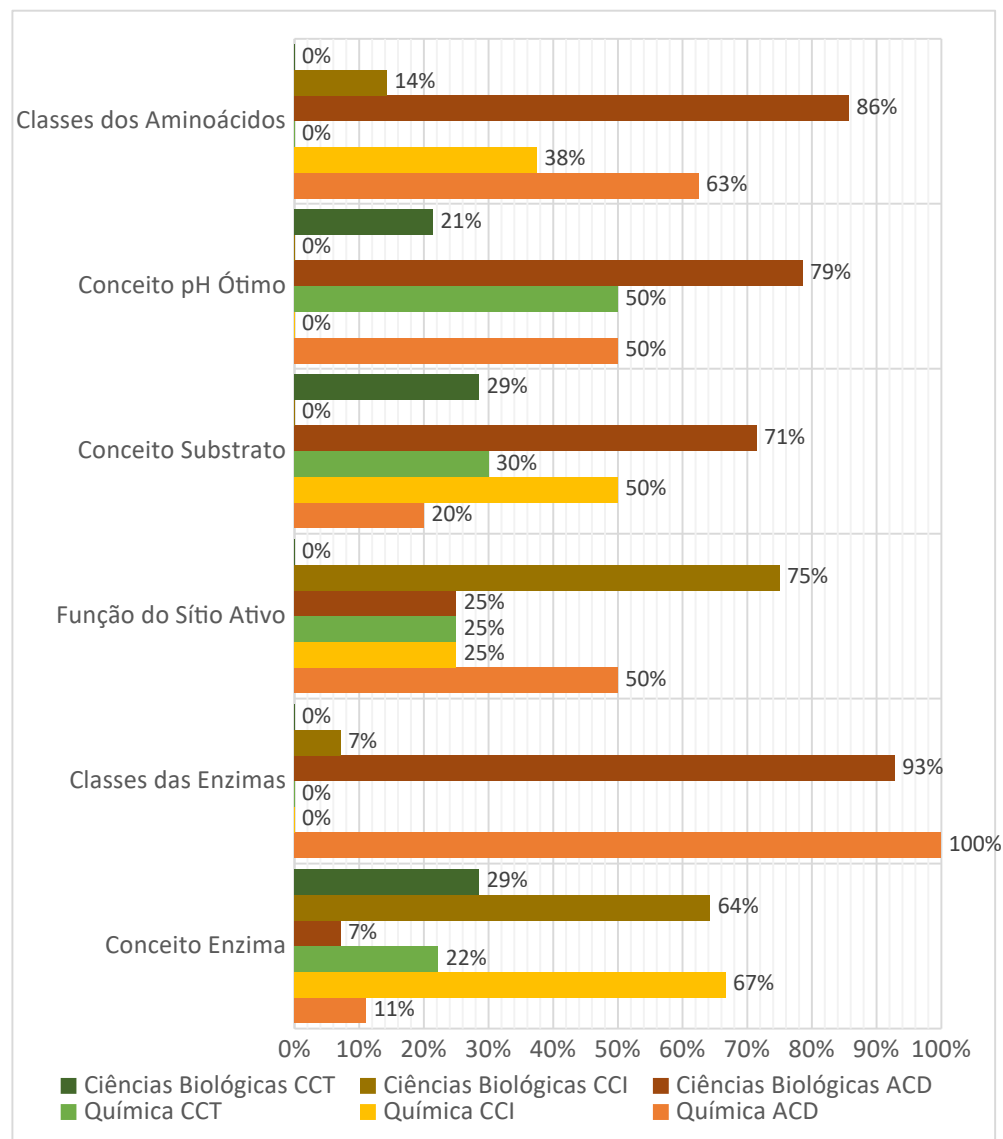
Fonte: Autoria própria (2025).

Alguns estudantes afirmaram não ter enfrentado dificuldades ao estudar enzimas na disciplina de Bioquímica (dificuldades ausentes), enquanto os demais mencionaram com a mesma frequência que as principais dificuldades enfrentadas ao estudar enzimas foram aspectos associados às Estruturas, à Nomenclatura dos compostos enzimáticos, às Reações Enzimáticas e com a capacidade de Relacionar Aprendizados com experiências cotidianas (duas citações). Além disso, tópicos considerados desafiadores foram mencionados com menor frequência: Catálise e inibição enzimática, Diferenciar as Enzimas, Estruturas, Tamanho das Cadeias, Ciclos, Dificuldades Presentes e Reações.

Sobre as questões conceituais e aplicadas, é possível identificar tópicos em que se concentram as dificuldades e elaborar uma análise detalhada do desempenho. Ao analisar a distribuição dessas categorias em diferentes tópicos, os dados indicam que a maioria dos graduandos enfrenta dificuldades consideráveis em muitos conceitos-chave (Figura 3) e na aplicação dos conceitos em situações reais (Figura 4).

Figura 3

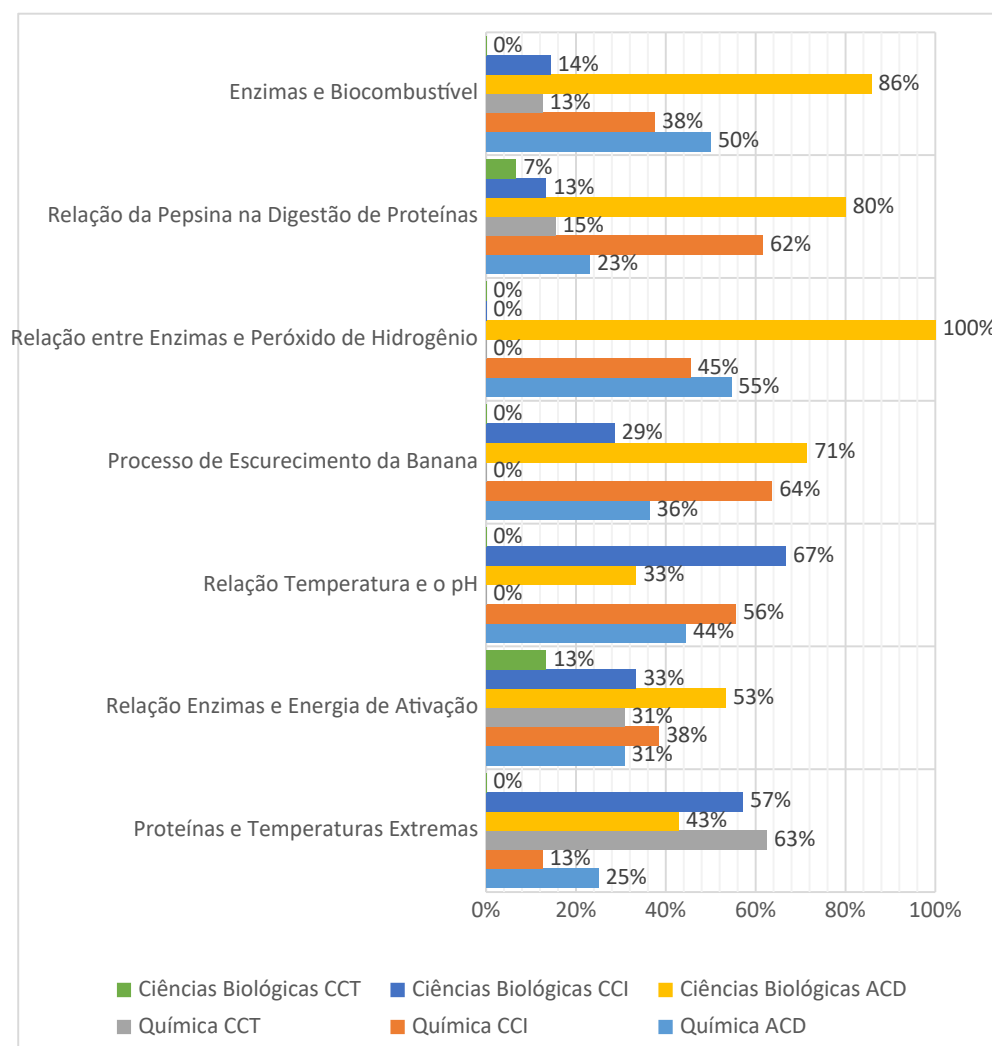
Percentual de classificação conforme a frequência em questões conceituais



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 4

Percentual de classificação conforme a frequência em questões aplicadas



Fonte: Autoria própria (2025).

As respostas classificadas como CCT ocorreram entre uma minoria dos estudantes, indicando baixa frequência de respostas compatíveis com compreensão conceitual total nos tópicos avaliados. Apenas alguns tópicos no curso de Química, como o “Substrato”, o “pH Ótimo” e “Proteínas e Temperaturas”, apresentaram mais de duas respostas classificadas como CCT. Já no curso de Ciências Biológicas, “Substrato” e “Enzima” foram os temas com maior número de respostas CCT, com quatro graduandos em cada caso. Ainda assim, a distribuição das demais respostas indica a presença de dificuldades conceituais nesses e em outros tópicos. Ademais, alguns conceitos, como a “Função do sítio ativo”, “a classificação das enzimas” e a “relação entre enzimas e peróxidos”, não apresentaram respostas classificadas como CCT, indicando ausência de respostas compatíveis com a compreensão total nesses tópicos.

A CCI foi a categoria de maior incidência entre as respostas dos graduandos do curso de química, indicando que muitos apresentam algum grau de compreensão, mas ainda apresentam lacunas conceituais. Esse padrão é evidente

em tópicos como o “Substrato”, “Enzima” e “Relação da Pepsina”. Esses dados sugerem que, apesar de muitos estudantes terem uma noção geral dos termos, há uma compreensão parcial dos conceitos avaliados, ainda marcada por lacunas. Para o curso de Ciências Biológicas, a frequência de respostas classificadas como CCI indica tópicos em que os estudantes demonstram compreensão parcial, mas não suficiente para explicar os conceitos com profundidade. Tópicos como a “função do sítio ativo”, a “relação entre temperatura e pH” e o conceito de “enzima” foram frequentes. Isso indica que, apesar de alguma familiaridade com esses conceitos, ainda há necessidade de aprofundar a compreensão desses conceitos.

No curso de Química, as maiores frequências de dificuldades foram observadas na categoria ACD. Alguns tópicos, como a “Classificação das Enzimas”, a “Classificação dos Aminoácidos” e a “Relação entre Enzimas e Peróxido”, apresentaram uma alta frequência de respostas classificadas como ACD, evidenciando respostas classificadas como de compreensão confusa, ausente ou desconhecida. Diante desses resultados, verifica-se que as principais dificuldades dos estudantes estão relacionadas à classificação e à compreensão de conceitos mais complexos, como as relações entre enzimas e outras substâncias. O entendimento das classificações enzimáticas, como observado nos tópicos “Classificação das Enzimas” e “Classificação dos Aminoácidos”, é um desafio para os graduandos, uma vez que nenhuma resposta foi classificada como CCT nesses tópicos. Além disso, processos enzimáticos, como a “Relação entre Enzimas e Peróxido” e a “Relação da Pepsina”, também se mostram desafiadores. Essas áreas apresentam uma alta proporção de respostas na categoria ACD, sugerindo dificuldades significativas na compreensão dos conceitos avaliados.

Para o curso de Ciências Biológicas, a alta frequência de respostas do tipo ACD evidencia os tópicos nos quais os graduandos apresentam maiores dificuldades. Entre esses conceitos, destacam-se a “relação entre enzimas e peróxidos”, na qual todos os graduandos demonstraram confusão ou desconhecimento, e a “classificação das enzimas”, com 13 respostas classificadas como ACD. Outros tópicos, como o “pH ótimo” e o “processo de escurecimento”, também apresentaram dificuldades significativas. Esses resultados sugerem que os graduandos encontram grande dificuldade em compreender tanto a função quanto a classificação das enzimas quanto os processos enzimáticos influenciados por variáveis como pH e temperatura. Alguns temas específicos merecem atenção especial devido à predominância de respostas na categoria ACD. Os tópicos “enzimas e biocombustíveis”, a “relação da pepsina e a classificação de aminoácidos” merecem atenção especial, pois concentram respostas classificadas como ACD. Esses resultados indicam maiores dificuldades dos estudantes nesses tópicos. Uma possível explicação, a ser investigada, é que esses temas sejam percebidos como mais abstratos ou menos familiares pelos estudantes, o que reforça a pertinência de investigar estratégias de ensino diferenciadas, como atividades experimentais ou a utilização de recursos multimídia que ilustrem as interações e funções biológicas envolvidas.

Os resultados evidenciam dificuldades na compreensão de conceitos fundamentais relacionados às enzimas, incluindo suas funções, classificações e interações, bem como na aplicação desses conceitos às situações avaliadas. A predominância de respostas classificadas como ACD e CCI indica que parte expressiva dos graduandos apresentou compreensão ausente, confusa,

desconhecida ou incompleta nos tópicos investigados. Além disso, a baixa ocorrência de respostas classificadas como Compreensão Conceitual Total (CCT), com médias de 19% em Química e 8% em Ciências Biológicas, reforça a presença de dificuldades conceituais em ambos os grupos. Também foram observadas diferenças entre os cursos, com maior frequência de respostas ACD entre os estudantes de Ciências Biológicas em diversos tópicos. Essas diferenças apontam para a pertinência de investigar, em estudos futuros, possíveis relações com as experiências formativas e com as formas de abordagem desses conceitos nos respectivos cursos.

Diante desses resultados, cabe problematizar a relação entre as dificuldades identificadas e as estratégias de ensino utilizadas nos cursos de ensino superior, bem como refletir sobre a formação dos professores universitários, de modo a valorizar o reconhecimento das dificuldades de aprendizagem dos estudantes como ponto de partida para o planejamento e a execução das atividades em aula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa evidenciou, na literatura, o uso da experimentação, de recursos tecnológicos e da gamificação, como possíveis alternativas para tornar o ensino do tema enzimas mais envolvente e favorecer a aprendizagem.

Além disso, foi possível identificar dificuldades de estudantes do ensino superior na aprendizagem de conceitos relacionados às enzimas, evidenciando desafios que impactam diretamente na assimilação do conhecimento e na atuação docente. Foram verificados índices elevados de compreensão conceitual ausente, confusa e desconhecida (ACD), com médias de 43% em Química e 64% em Ciências Biológicas, e de Compreensão Conceitual Incompleta (CCI) com médias de 38% e 29%, respectivamente.

As implicações desses resultados apontam para a necessidade de um ensino de Bioquímica pautado em práticas que favoreçam a investigação e a aprendizagem colaborativa, seja para estimular o interesse e envolvimento dos estudantes nas aulas, seja para contribuir para o enfrentamento das dificuldades de aprendizagem.

Diante desse cenário, é importante refletir criticamente sobre a formação dos professores universitários e sobre a inserção das estratégias e possibilidades pedagógicas reportadas na literatura em seus processos formativos, de modo a investigar em que medidas essas estratégias e possibilidades pedagógicas têm sido incorporadas à formação dos docentes universitários, seja na formação continuada, seja na formação desenvolvida no âmbito da pós-graduação. A formação em nível de mestrado e doutorado poderia contribuir de maneira mais efetiva para a preparação desses professores para a docência, considerando as particularidades dos conteúdos e a especificidade do contexto de ensinar e aprender no ensino superior. Essas reflexões, diante dos resultados apresentados nesse estudo, sinalizam a necessidade de analisar a adequação da formação docente em relação a esses desafios, bem como de considerar as dificuldades dos estudantes como ponto de partida para a organização da ação docente.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pelo fomento na realização do estudo.

REFERÊNCIAS

- Albrecht, M. P. S.; Oliveira, F. E. de. (2020). Jogo eletrônico para o ensino de Biologia Celular. *ACTIO, Curitiba*, 5(3), 1-18.
<http://dx.doi.org/10.3895/actio.v5n3.12493>
- Albuquerque, M. A. C., Amorim, Â. H. C., Rocha, J. R. C. F., Silveira, L. M. F. G., & Neri, D. F. M. (2012). Bioquímica como sinônimo de ensino, pesquisa e extensão: Um relato de experiência. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 36(1), 137–142. <https://doi.org/10.1590/S0100-55022012000100019>
- Alcantara, S. S., Gomes, P. H. B., Ruiz, C. R., & Martins, A. P. (2022). BioDomínio: Uma maneira divertida de trabalhar o conteúdo de bioquímica. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 20(1), 78–89. <https://doi.org/10.16923/reb.v20i1.975>
- Almeida, D. J., Vieira, R. L. D., & Freitas, G. B. L. (2014). Das enzimas à análise sensorial: Relato de aula prática interdisciplinar. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 12(2), 55–70.
<https://www.bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/322>
- Almeida, J. F., & Kiill, K. B. (2019a). Modelagem tridimensional: Reflexões de futuros professores de Química para o ensino e aprendizagem da interação enzima-substrato. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(3), 282–304.
<https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n3p282>
- Almeida, J. F., & Kiill, K. B. (2019b). Construção de modelos 3D impressos como estratégia para a aprendizagem do conceito de interação enzima-substrato. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 17, 74–93.
<https://doi.org/10.16923/reb.v17i0.858>
- Amaral, A. M. F., Correa, R. M. S., Belo, T. O., Coelho, H. J. P., Costa, C. V. C., Macedo, D. B., Souza, J. M. M., & Rodrigues, M. D. N. (2024). Path Glykos: Uma ferramenta lúdica para o ensino de bioquímica. *Revista de Educação, Ciências e Tecnologia do IFAM*, 18(1).
<https://igapo.ifam.edu.br/index.php/igapo/article/view/325>
- Andrade, R. S. B., Silva, A. F. S., & Zierer, M. S. (2017). Avaliação das dificuldades de aprendizado em bioquímica dos discentes da Universidade Federal do Piauí. *Journal of Biochemistry Education*.
<https://www.bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/690>
- Balinha, D. M., & Wyse, A. T. S. (2023). ATraPalhados revisando bioquímica: Foco na respiração celular. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 21(1), 17–33.
<https://doi.org/10.16923/reb.v21i1.1038>
- Bardin, L. (2016). *Análise de conteúdo* (1ª ed.). Edições 70.

- Bevilaqua, V. R., Silva, J. R., & Viviani, V. R. (2022). Demonstração bioluminescente de ATP com luciferase recombinante de vagalume (*Amydetes vivianii*) em aulas práticas de bioenergética. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 20(2), 209–228. <https://doi.org/10.16923/reb.v20i2.1006>
- Buller, R., Lutz, S., Kazlauskas, R. J., Snajdrova, R., Moore, J. C., & Bornscheuer, U. T. (2023). From nature to industry: Harnessing enzymes for biocatalysis. *Science*, 382(6673). <https://doi.org/10.1126/science.adh8615>
- Clerici, M. T. P. S., Sebastião, R. H., Oliveira, L. C., Santos, M. S., Moraes, A. L. L., & Clareto, S. S. (2014). Escurecimento enzimático: Uma aula prática. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 12(2), 71–90. <https://www.bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/275>
- Clerici, M. T. P. S., Silva, R. S., & Alves, A. A. (2006). Digestão de carboidratos usando digestivos enzimáticos comerciais: Uma aula prática. *Journal of Biochemistry Education*, 4(1), 8. <https://www.bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/19>
- Cunha, K. M. C. (2011). *O ensino e a aprendizagem significativa da célula no contexto da disciplina Biologia do primeiro ano do ensino médio em uma escola pública do Rio de Janeiro*. 2011. Dissertação (Mestrado em Biociências e Saúde) – Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.
- Freire, B. F., Gáspari, P. F., & Bernardes, C. F. (2021). Análise da atividade da enzima creatina quinase e da isoenzima CK-MB: Simulação para ensino remoto. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 18(2), 56–61. <https://www.bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/950>
- Galieta, T. (2020). Contribuições de atividades prático-experimentais para a formação de professores: reflexões a partir de um projeto de iniciação à docência em biologia. *ACTIO*, 5(2), 1-23. <http://dx.doi.org/10.3895/actio.v5n2.11286>
- Gonçalves, T. M. (2021). Experimentando a biologia: Uma proposta de aula prática sobre a atividade enzimática da catalase. *Revista Brasileira do Ensino Médio*, 4, 92–100. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5119774>
- Her, C., Alonzo, A. P., Vang, J. Y., Torres, E., & Krishnan, V. V. (2015). Real-time enzyme kinetics by quantitative NMR spectroscopy and determination of the Michaelis–Menten constant using the Lambert-W function. *Journal of Chemical Education*, 92(11), 1943–1948.
- Instituto Federal Catarinense. (2022). *Projeto pedagógico do curso superior de licenciatura em química*. IFC.
- Li, G., Zhang, N., Dai, X., & Fan, L. (2024). EnzyACT: A novel deep learning method to predict the impacts of single and multiple mutations on enzyme activity. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 64(15), 5912–5921. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.4c00920>

- Linenberger, K. J., & Bretz, S. L. (2015). Biochemistry students' ideas about how an enzyme interacts with a substrate. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 43(4), 213–222. <https://doi.org/10.1002/bmb.20868>
- Marani, P. F.; Oliveira, T. A. L. de.; Sá, M. B. Z. (2017). Concepções sobre Cinética Química: a influência da temperatura e da superfície de contato. *ACTIO*, 2(1), 321-341. <http://dx.doi.org/10.3895/actio.v2n1.6777>
- Martins, D., Mozzer, N. B., Oliveira, T. M. A., & Caetano, M. S. (2020). O papel dos modelos computacionais e das analogias na aprendizagem do processo de interação fármaco-enzima no ensino fundamentado em modelagem. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 20, 823–854. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u823854>
- Mendonça, J. K. A., & Fontana, T. C. (2021). Variação da concentração de vitamina C em sucos de laranja armazenados sob diferentes condições de luminosidade e temperatura. *Revista Thema*, 19(1), 95–106. <https://doi.org/10.15536/thema.V19.2021.95-106.1459>
- Minayo, M. C. S. (2009). O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo: Hucitec.
- Monteiro, E. P., Libório, R. M., Teixeira, Y. B. S., & Nascimento, M. S. (2022). Ensino por investigação em aulas de química: Construindo a argumentação através da problemática “Por que as bananas escurecem”. *Revista Insignare Scientia*, 5(1), 506–524. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2022v5n1.12450>
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2014). *Princípios de bioquímica de Lehninger* (6ª ed.). Artmed.
- Oliveira, F. S., Lacerda, C. D., Oliveira, P. S., Coelho, A. A., & Bianconi, M. L. (2015). Um jogo de construção para o aprendizado colaborativo de glicólise e gliconeogênese. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 13(1), 45–57. <https://doi.org/10.16923/reb.v13i1.535>
- Pastore, N. R., & Pirovani, J. C. M. (2020). Vamos aprender sobre a ação das enzimas? *Health and Biosciences*, 1(3), 55–67.
- Pinheiro, W. A., & Pompilho, W. M. (2011). O ensino de enzimas: Uma abordagem experimental de baixo custo. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 9(1), 1–8.
- Seibert, E., & Tracy, T. S. (2014). Fundamentals of enzyme kinetics. In S. Nagar, U. Argikar, & D. Tweedie (Eds.), *Enzyme kinetics in drug metabolism: Fundamentals and applications*. Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-758-7_2
- Silva, K. N. da; Figueiredo, M. C. (2018). Curso de licenciatura em química: motivações para a evasão discente. *ACTIO*, 3(2), 237-254.

Silveira, J. T., & Rocha, J. B. T. (2016). Produção científica sobre estratégias didáticas utilizadas no ensino de bioquímica: Uma revisão sistemática. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 14(3), 7–21.

Tauceda, K. C., Del Pino, J. C., & Nunes, V. M. (2013). O estudo da célula através de situações-problema relacionados a enzima: Uma proposta para aprendizagem significativa no referencial dos campos conceituais com alunos do ensino médio. *Enseñanza de las Ciencias* (Número extra), 754–758. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/306197>

Universidade do Estado de Santa Catarina. (2017). *Projeto pedagógico do curso de licenciatura em ciências biológicas*. UDESC.

Valle, P. R. D., & Ferreira, J. L. (2024). Content analysis in the perspective of Bardin: Contributions and limitations for qualitative research in education. *SciELO Preprints*. <https://doi.org/10.35699/edur.v41i41.49377>

Xavier, T. K. D.; Tavares, M. G.; Bontempo, G. C. (2023). Avaliação do desempenho dos graduandos de ciências biológicas nas disciplinas das ciências exatas: uma visão para além das fórmulas. *ACTIO*, 8(2), 1-21. <http://dx.doi.org/10.3895/actio.v8n2.16873>

Recebido: 21 mar. 2026
Aprovado: 20 ago. 2026
DOI: <https://doi.org/10.3895/actio.v11n3.21610>

Como citar:

Azevedo, I. de M. R. & Oliveira, B. R. M. (2026). Ensinar e aprender sobre enzimas na graduação: possibilidades e desafios na docência em bioquímica. *ACTIO*, 11(3), 1-19. <https://doi.org/10.3895/actio.v11n3.21610>

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



Received: Mar. 21, 2026
Approved: Aug. 20, 2026
DOI: <https://doi.org/10.3895/actio.v11n3.21610>

How to cite:

Azevedo, I. de M. R. & Oliveira, B. R. M. (2026). Teaching and learning enzymes in undergraduate education: possibilities and challenges of teaching in biochemistry. *ACTIO*, 11(3), 1-19. <https://doi.org/10.3895/actio.v11n3.21610>

Copyright: This article is licensed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International Licence.

