

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



**ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO EM AULAS EXPERIMENTAIS
DE BIOQUÍMICA: um olhar para a relação entre os paradigmas da ciência e o uso de
tecnologias digitais**

JOÃO HENRIQUE CARVALHO DE OLIVEIRA

RECIFE

2025

JOÃO HENRIQUE CARVALHO DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO EM AULAS EXPERIMENTAIS
DE BIOQUÍMICA: um olhar para a relação entre os paradigmas da ciência e o uso de
tecnologias digitais**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Licenciatura em
Ciências Biológicas/UFRPE como
requisito parcial para obtenção do grau de
Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Janaína de
Albuquerque Couto.

Co-orientador: Prof Me. Woldney Damião
Silva André.

RECIFE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

O48a Oliveira, João Henrique Carvalho de.
Análise de ferramentas de simulação em aulas experimentais de Bioquímica: um olhar para a relação entre os paradigmas da ciência e o uso de tecnologias digitais / João Henrique Carvalho de Oliveira. – Recife, 2025.
70 f.

Orientador(a): Janaina de Albuquerque Couto.
Co-orientador(a): Woldney Damião Silva André.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Licenciatura em Ciências Biológicas, Recife, BR-PE,
2025.

Inclui referências.

1. Revisão sistemática. 2. Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação. 3. Prática Experimental. 4. Software 5. Laboratório virtual. I. Couto, Janaina de Albuquerque, orient. II. André, Woldney Damião Silva, coorient. III. Título

CDD 574

JOÃO HENRIQUE CARVALHO DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DE FERRAMENTAS DE SIMULAÇÃO EM AULAS
EXPERIMENTAIS DE BIOQUÍMICA: um olhar para a relação entre os
paradigmas da ciência e o uso de tecnologias digitais**

Comissão Avaliadora:

Profª Drª Janaina de Albuquerque Couto – UFRPE

Orientadora

Profª MSc Priscila Aparecida dos Santos Cordeiro – UFRPE

Titular

Profª Drª Maria Juliana Dantas de Paula – Faculdade de Ciências Médicas-Afya
Jaboatão

Titular

Profª Drª Ana Maria dos Anjos Carneiro Leão – UFRPE

Suplente

RECIFE

2025

AGRADECIMENTOS

Tenho muito o que agradecer a muitas pessoas, mas gostaria de começar pela que dediquei este trabalho, minha trisavó Maria do Carmo Lima, chamada por seus conhecidos como Tia Pequena, que me cerca com seu carinho desde antes dos meus primeiros passos e continua me apoiando em cada passo que dou ao futuro.

Agradeço também aos meus pais, Antônio Marcos Gomes de Oliveira e Tatiana Carvalho Santos, que apesar de todas as dificuldades me apoiaram e me proporcionaram as oportunidades que nunca tiveram. Sempre com muito amor, lutaram para me criar em meio a diversas provações e foram meu refúgio em momentos difíceis. Para além de bons pais, foram bons amigos e companheiros, nem consigo contar quantas vezes as risadas que demos juntos me energizam.

Quero agradecer também aos meus irmãos, Maria Luiza, Gustavo Henrique e Letícia Gabrielly, por todos os momentos de carinho e apoio que me deram em todos os momentos. Vê-los crescendo tanto me faz sentir falta de quando éramos apenas crianças, mas também me deixa ansioso para saber o que o futuro nos aguarda.

Agradeço à professora Janaína Couto, que me orientou com muita paciência e compreensão, todo o carinho e cuidado que possibilitaram meu desenvolvimento como acadêmico, professor e ser humano.

Agradeço também ao professor Woldney Damiano, por sua generosidade e acolhimento. Suas orientações na elaboração de trabalhos foram fundamentais e sua dedicação contribuiu para o meu aprendizado.

Por fim, minha gratidão também aos meus amigos, que me deram forças em meio a todo o caos e crises, que me estenderam a mão para me levantar depois das minhas quedas, e foram alívio e motivo para seguir em frente com minhas decisões. Sem dúvidas nunca teria chegado até aqui sem vocês.

A todos os que passaram pela minha história e que guardo em meu coração, meu muito obrigado.

RESUMO

A Bioquímica se faz presente tanto no Ensino Básico quanto no Ensino Superior. Porém, apesar de inserida no meio educacional dos estudantes, a literatura descreve alguns obstáculos para o ensino de Bioquímica decorrentes da natureza dos conceitos bioquímicos, com destaque para abstração e a verticalização, e também da postura docente, a exemplo da fragmentação e da descontextualização. Tendo em vista a grande densidade de conteúdos abstratos, a disciplina possui a necessidade de aulas práticas experimentais para auxiliar na superação desses obstáculos. Entretanto, muitas instituições educacionais não dispõem de condições adequadas para a realização dessas práticas. Neste sentido, a utilização de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC's) pode ser uma excelente solução para o problema, visto que torna mais acessível a realização de práticas educacionais por meio de simuladores. Todavia, a utilização de um recurso como a TDIC não faz com que a aula seja efetiva por si só, uma vez que a postura assumida pelo docente durante o processo de ensino-aprendizagem é essencial para minimizar a fragmentação e a descontextualização dos conteúdos. Dito isto, a presente pesquisa tem como objetivo buscar, por meio de uma revisão sistemática, ferramentas tecnológicas para simulação de práticas experimentais de bioquímica para posterior análise qualitativa e paradigmática. Destarte, foram catalogados artigos, e os *softwares* por eles mencionados, disponíveis na plataforma Google Acadêmico entre os anos de 2018 e 2024. A proposta metodológica foi uma revisão sistemática, que consistiu nas seguintes etapas: Busca eletrônica nas bases de dados (etapa 1), seleção e identificação dos artigos elegíveis (etapa 2) e extração dos dados dos estudos incluídos na revisão (etapa 3); E a análise descritiva e paradigmática (etapa 4), sendo esta análise constituída a partir dos paradigmas da ciência: Cartesiano, Sistêmico e Complexo. Ao fim da pesquisa, foi observado que existem poucos trabalhos envolvendo simuladores na área da bioquímica. Observou-se que os *softwares* encontrados poderiam ser categorizados como gratuitos e de uso pago, o que impossibilitou a análise de alguns Laboratórios Virtuais (LV's), caso este do Labster, que foi o mais citado dentre os trabalhos. Entre os simuladores encontrados, a maior parte desenvolve-se somente no paradigma cartesiano de forma aprofundada, com um foco por vezes exclusivo em saberes fragmentados fazendo pouca ou nenhuma sistematização, sendo o PhET o único simulador observado que foi capaz de atender satisfatoriamente os três paradigmas. Concluiu-se que as ferramentas, embora tenham potencial inovador, muitas vezes não fogem do tradicionalismo inerente ao paradigma cartesiano.

PALAVRAS-CHAVE: Revisão Sistemática, TDIC's, Prática Experimental, *Softwares*, Laboratório virtual.

ABSTRACT

Biochemistry is present in both primary and higher education. However, despite being part of students' educational environment, the literature describes some obstacles to Biochemistry Education due to the nature of biochemical concepts, with emphasis on abstraction and verticalization, and also to the teaching posture, such as fragmentation and decontextualization. Given the high density of abstract content, the subject requires experimental practical classes to help overcome these obstacles. However, many educational institutions do not have adequate conditions for carrying out these practices. In this sense, the use of Digital Information and Communication Technologies (DICTs) can be an excellent solution to the problem, since it makes educational practices through simulators more accessible. However, the use of a resource such as DICT does not make the class effective by itself, since the posture assumed by the teacher during the teaching-learning process is essential to minimize the fragmentation and decontextualization of content. That said, the present research aims to search, through a systematic review, for technological tools for simulating experimental biochemistry practices for subsequent qualitative and paradigmatic analysis. Thus, articles and the software they mention, available on the Google Scholar platform between the years 2018 and 2024, were cataloged. The methodological proposal was a systematic review, which consisted of the following steps: Electronic search in the databases (step 1), selection and identification of eligible articles (step 2) and extraction of data from the studies included in the review (step 3); And the descriptive and paradigmatic analysis (step 4), this analysis being constituted from the paradigms of science: Cartesian, Systemic and Complex. At the end of the research, it was observed that there are few works involving simulators in the area of biochemistry. It was observed that the software found could be categorized as free and paid, which made it impossible to analyze some Virtual Laboratories (VLs), such as Labster, which was the most cited among the works. Among the simulators found, most are developed only in the Cartesian paradigm in depth, with a focus sometimes exclusive to fragmented knowledge, making little or no systematization, with PhET being the only simulator observed that was able to satisfactorily meet the three paradigms. It was concluded that the tools, although they have innovative potential, often do not escape the traditionalism inherent to the Cartesian paradigm.

KEYWORDS: Systematic Review, DICTs, Experimental Practice, Software, Virtual Laboratory.

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Procedimentos metodológicos.....	33
Quadro 02 – Critérios de Inclusão.....	34
Quadro 03 – Critérios de Exclusão.....	35
Quadro 04 – Critérios de Exclusão de LV's.....	36
Quadro 05 – Características dos Paradigmas da Ciência.....	38
Quadro 06 – Dados referentes às publicações elegíveis de 2018.....	42
Quadro 07 – Dados referentes às publicações elegíveis de 2019.....	42
Quadro 08 – Dados referentes às publicações elegíveis de 2020.....	42
Quadro 09 – Dados referentes às publicações elegíveis de 2021.....	43
Quadro 10 – Dados referentes às publicações elegíveis de 2022.....	43
Quadro 11 – Dados referentes às publicações elegíveis de 2023.....	44
Quadro 12 – Dados referentes às publicações elegíveis de 2024.....	45
Quadro 13 – Dados referentes aos simuladores presentes nas publicações.....	46
Quadro 14 – Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2018....	49
Quadro 15 – Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2019....	49
Quadro 16 – Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2020....	49
Quadro 17 – Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2021....	50
Quadro 18 – Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2022....	50
Quadro 19 – Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2023....	51
Quadro 20 – Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2024....	52
Quadro 21 – Informações e percepções dos LV's.....	54
Quadro 22 – Expressão paradigmática.....	57

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Total de publicações distribuídas nos anos 2018 a 2024.....	39
Gráfico 02 – Publicações elegíveis distribuídas nos anos 2018 a 2024.....	41
Gráfico 03 – Relação entre o número de publicações e o idioma.....	45
Gráfico 04 – Quantidade de publicações em que um simulador é mencionado.....	45
Gráfico 05 – Comparação entre os simuladores pagos e gratuitos.....	47
Gráfico 06 – Comparação entre os simuladores nativos da web e que necessitam de instalação de software.....	47
Gráfico 07 – Comparação entre o número de publicações com aplicação prática do simulador e as que não possuem aplicação.....	52

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
TDIC	Tecnologia Digital da Informação e Comunicação
LV	Laboratório Virtual
PhET	Physics Education Technology
BNCC	Base Nacional Comum Curricular

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
2.	OBJETIVOS	16
	2.1 Geral	16
	2.2 Específicos	16
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
	3.1 O ensino de Bioquímica	17
	3.2 A vivência prática no processo de ensino	19
	3.3 Dificuldades para a aplicação de práticas laboratoriais	21
	3.4 O uso de TDIC's como alternativa para aulas práticas	23
	3.5 Os Paradigmas da Ciência	25
4.	METODOLOGIA	33
	4.1 Revisão Sistemática	33
	4.1.1 Entrada - Busca eletrônica nas bases de dados	34
	4.1.2 Processamento - Seleção e identificação dos documentos elegíveis	34
	4.1.3 Saída - Extração dos dados	37
	4.1.4 Análise descritiva e paradigmática	37
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
	5.1 Entrada - Busca eletrônica nas bases de dados	39
	5.2 Processamento - Seleção e identificação dos documentos elegíveis	40
	5.3 Saída - Extração dos dados	42
	5.4 Análise paradigmática	53
6.	CONCLUSÃO	61
7.	REFERÊNCIAS	62

1. INTRODUÇÃO

Dentre as Ciências Naturais, a área da Bioquímica permeia os campos da Biologia e da Química. O intuito dos estudos bioquímicos é expor como os grupos de moléculas inanimadas que compõem os seres vivos atuam na manutenção e continuidade da vida enquanto são submetidas às mesmas leis, tanto da química quanto da física, que as partículas que constituem o universo não vivo (Nelson; Cox, 2022). Essa área do conhecimento possibilitou diretamente o avanço de várias outras áreas, como a genética, a botânica, a medicina e várias outras vertentes das ciências naturais. Além de sua evidente relevância à saúde humana, esta ciência também expõe os instrumentos essenciais do mundo natural, dando a possibilidade de entender e até mesmo admirar o que denominamos vida, este evento único e enigmático (Voet et al., 2014).

A bioquímica está presente tanto no Ensino Básico quanto no Superior. No Ensino Básico, ela pode ser trabalhada com, respaldo pela BNCC, na disciplina de Ciências durante o período do Fundamental através de diversas competências, a exemplo da competência de número três, que traz a seguinte atribuição: “Analisar, compreender e explicar características, fenômenos e processos relativos ao mundo natural, social e tecnológico [...]” (Brasil, 2018, p. 324). Já no Ensino Médio ela é trabalhada nas disciplinas de Ciências da Natureza, onde a BNCC expõe três competências, a exemplo da primeira, a qual é atribuída a descrição: “Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia [...]” (Brasil, 2018, p. 553), a qual também é capaz de justificar o ensino de Bioquímica. Ao observar a bioquímica sob a ótica da BNCC, pode-se compreender que ela pode ser trabalhada de forma ampla e contextualizada (Frazão, 2024), entretanto, mesmo estando bem estabelecida dentro do currículo, os estudantes são apresentados à bioquímica como ela sendo um complicado aglomerado de nomes, estruturas e reações, o que leva a uma dificuldade no desenvolvimento da aprendizagem (Camerini et al., 2021).

A Bioquímica possui destaque nos cursos de nível superior. Tanto pelo reconhecimento de sua relevância, quanto pelas queixas de difícil assimilação por parte dos estudantes (Silveira; Rocha, 2016). Essas queixas estão relacionadas com o método de ensino utilizado (Santos; Souza, 2024). Isso se dá por conta de lacunas existentes

desde a Educação Básica, em que muitas vezes o conteúdo é passado de forma mecânica, através da memorização sem reflexão crítica, e somente de forma conceitual. Essas características são associadas ao paradigma cartesiano que influenciou nossa sociedade por séculos, trazendo a ideia de universo e humano como máquina, em que, por consequência, ambos estavam submetidos às regras da mecânica, desenvolvendo o pensamento cartesiano em uma lógica mecanicista (Barbosa, 1995). Este paradigma se impregnou no pensamento científico, e a Bioquímica não foi uma exceção, já que essa forma de tratar a ciência trouxe para a Bioquímica dois grandes problemas, a descontextualização e a fragmentação (Sá, 2007). O aumento no volume de produções acadêmicas voltadas à química e suas vertentes (a exemplo da bioquímica) traz à luz os problemas na educação e como estes se agravam em todos os níveis (Rodrigues *et al.*, 2011).

Além das dificuldades apresentadas, que estão relacionadas a forma como esta disciplina é trabalhada, existem ainda obstáculos ligados à natureza da disciplina. Existe uma grande necessidade de capacidade de abstração e imaginação, exigida pela bioquímica, para descrever os eventos moleculares, isso faz com que seja dificultoso o processo de ensino utilizando somente as tecnologias educacionais tradicionais (Machado *et al.*, 2010). Além da abstração, outra barreira a ser superada pela bioquímica é a verticalização, entendida como a dificuldade de compreender a relação entre os eventos da realidade a nível microscópico com o universo macroscópico (Sá, 2007). Essa características podem ser superadas através de paradigmas que possibilitem a formação de conexões entre os conceitos e a realidade, a exemplo dos paradigmas complexo e sistêmico, já para além de simplesmente ideias isoladas, um pensamento desfragmentado permite uma visão de mundo interconectado, relacionado e capaz de interação (Cunha, 2006).

Da mesma forma que outras ciências modernas, a bioquímica necessita de mecanismos refinados para a compreensão das formas e funcionamentos de estruturas inacessíveis à percepção humana (Voet *et al.*, 2014). Neste sentido, ressalta-se a importância dos laboratórios de prática de ciências para a realização de aulas práticas experimentais. Esses espaços oferecem aos alunos uma experiência e manejo de objetos, que possibilitam o descobrimento de diversas atividades e ainda são capazes de instigar o desejo e o interesse em estudar e experimentar a ciência (Grandini, N.; Grandini, C., 2004).

Além do fascínio, as aulas práticas são muito eficientes no processo de ensino-aprendizagem. Tanto o Ensino de Ciências quanto o de Biologia são favorecidos e dependem de atividades práticas para que haja compreensão, já que, através desse procedimento, os estudantes são capazes de fazer conexões entre o prático e o teórico, sendo incitados a aprender, facilitando a assimilação conceitual dos temas trabalhados pelo docente (Gomes, 2019).

Quando falamos das Ciências da Natureza, a vivência com laboratórios é essencial para a construção do conhecimento. O interesse e a experiência com a metodologia científica podem ser despertados através dessa vivência laboratorial. Além disso, as práticas de laboratório podem servir de auxílio no ato de ensino-aprendizagem ou até mesmo como um processo autônomo na construção do saber científico (Bombonato, 2011). Sendo um local de mudanças no ambiente de aprendizagem da sala de aula, o laboratório se constitui em um meio de educação significativa no que diz respeito à capacidade do aluno de associar temas relacionados à teoria presente nos livros didáticos, vivenciando a teoria dos livros por meio da experimentação. Também permite que o aluno visualize a teoria da sala de aula de forma dinâmica (Berezuk; Inada, 2010).

Entretanto, não é incomum que as escolas não disponham de espaço ou material de qualidade para a realização de práticas laboratoriais. Tendo isso em mente, torna-se necessária a utilização de meios alternativos para a realização de tais atividades. As TICs são as Tecnologias da Informação e Comunicação. Dentre essas tecnologias, um ramo se destaca, as TDICs (Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação). De acordo com a literatura, elas possibilitam que as aulas sejam muito mais eficientes, participativas e interativas (Neto, 2017).

Por sua natureza digital, essas tecnologias podem facilitar os processos de aprendizagem e suprir os déficits da educação tradicional. Sendo assim, elas podem auxiliar no suporte ou até na substituição das práticas laboratoriais físicas por meio de simulações virtuais. Para a realização de aulas práticas presenciais é necessário o uso de recursos estruturais, financeiros, materiais, muito tempo e cuidado (a depender do experimento). Os *softwares* educativos que simulam experimentos práticos possuem a capacidade de intensificar o poder educativo desses experimentos, permitindo que o professor trabalhe aprofundadamente os conteúdos abordados, ou realize novas problematizações a partir dos simuladores para experimentos que exigiram grandes

recursos para sua realização (Hornink, 2016). Além disso, o uso de ferramentas digitais podem auxiliar uma abordagem sistêmico-complexa, uma vez que podem facilitar a sistematização de temáticas antes abordadas de forma fragmentada. Por conta dessas características, essas ferramentas fornecem aos alunos uma vivência educacional mais ampla e efetiva (Xavier *et al.*, 2024).

Embora possua inúmeras vantagens, o meio virtual exige que o professor não se prenda a apenas despejar informações sobre os alunos, promovendo o tradicionalismo no ambiente digital, ele deve atuar como um guia e levantador de questões, mas o protagonismo deve ser do aluno para que a aprendizagem seja emancipatória. Logo a metodologia das aulas seguirá o paradigma da ciência no qual o professor pauta a abordagem das aulas: o cartesiano (se através da fragmentação, linearidade e repetição acrítica e mecânica), o sistêmico e/ou o complexo (se na busca pela desfragmentação e pela visão de mundo conectado).

Um paradigma é um produto social que é gerado ao mesmo tempo que norteia uma comunidade. Sendo o paradigma cartesiano (que fundamenta-se na fragmentação e na simplificação do universo) o mais antigo entre os três apresentados, possui suas ideologias mais enraizadas no pensar e no fazer científico e educacional, entretanto, os outros dois vem ganhando cada vez mais espaço entre os questionadores do paradigma cartesiano. Como as ferramentas educacionais (neste caso, as ferramentas de simulação) não existem por si só, mas, na verdade, foram criadas e aplicadas com finalidades definidas e guiadas por um pensamento científico-educacional, elas estão atreladas aos paradigmas manifestantes em si. A partir do exposto, surgem as indagações que guiaram a pesquisa: Como laboratórios virtuais são empregados no meio educacional, em dedicação aos estudos bioquímicos, e quais os paradigmas estão associados a eles? A partir desses questionamentos, definimos os seguintes objetivos:

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar ferramentas tecnológicas para simulação de práticas experimentais utilizadas no Ensino de Bioquímica a partir de uma revisão sistemática, considerando o recorte temporal de 2018 a 2024.

2.2 Específicos

- Mapear as ferramentas tecnológicas para simulação de práticas laboratoriais de bioquímica, bem como de química passível de transposição para temas da bioquímica, descritas nos textos selecionados;
- Analisar a partir dos paradigmas da ciência e da prática educacional as contribuições e limitações das ferramentas utilizadas nas publicações para o ensino de Bioquímica.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo foi elaborado de maneira estruturada, de modo que cada tópico constitui um texto coeso e autossuficiente, permitindo a compreensão individual de seu conteúdo. No entanto, mais do que a autonomia de cada segmento, buscou-se garantir que os tópicos se integrem de maneira orgânica e complementar, formando uma unidade textual mais ampla, coesa e articulada. Essa abordagem visa não apenas facilitar a assimilação gradual das informações, mas também proporcionar uma leitura fluida e lógica, na qual os conceitos se encadeiem de forma consistente e progressiva.

3.1 O ensino de Bioquímica

A Bioquímica é a ciência que explora a forma das moléculas, seus mecanismos e os eventos químicos que possibilitam a vida. A maior parte dos componentes moleculares possuem um formato tridimensional em que realizam incontáveis reações químicas entre si a fim de fazer a manutenção e possibilitar a continuidade da vida. Dentro dessa ciência, as formas, o arranjo e os eventos potenciais são estudados com o objetivo de desvendar os fatores que possibilitam os imprescindíveis subsídios à continuação da vida (Motta, 2011).

A importância do ensino de bioquímica torna-se evidente quando a percebemos como a base de outras ciências, como a Genética Molecular, Fisiologia, Imunologia e diversas outras áreas. Por conta de sua natureza multidisciplinar, a Bioquímica é fundamental para a compreensão de outras ciências, sendo assim essencial na formação profissional dos atuantes dos campos da ciência e da saúde (Mangueira, 2015).

Na última década do século XX, houve uma explosão no número de projetos e produções acadêmicas voltadas à área da Bioquímica, até então pouco conhecida e explorada. O ensino dessa ciência apresenta dois fortes aspectos, a preocupação com uma produção científica de qualidade e a resolução de problemas específicos da área (Loguercio *et al.*, 2007). Para os alunos do ensino básico, a Bioquímica pode ser trabalhada no ensino fundamental na disciplina de ciências, e ensino médio, por exemplo, através da Competência específica 2, proposta pela BNCC, que destaca na categoria as seguintes atribuições:

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. (Brasil, 2018, p. 553).

Nas graduações, essa ciência chega como forma de disciplina em diferentes cursos. No campo das licenciaturas, os cursos de Química e Ciências Biológicas são os que comumente trazem esta área do saber como componente curricular (Garcês *et al.*, 2018). Ainda pensando no nível superior, a Bioquímica chega aos currículos de forma que aparenta ser explícita e estruturada, entretanto, os alunos a descrevem como um amontoado de estruturas e reações químicas que são de difícil compreensão e desconexa de seu cotidiano (Vargas, 2001). Essa desconexão conceitual e contextual, embora não seja exclusiva desta ciência, é marcante na Bioquímica, podendo ser compreendida como um sintoma do Paradigma cartesiano nas universidades, visto que sua filosofia influenciou os meios de produção de conhecimento na sociedade ocidental (Grosfoguel, 2016).

Por conta dessa ótica fragmentada, tanto os estudantes do Ensino Básico quanto os do Ensino Superior, consideram esta área do ensino muito difícil pela interdisciplinaridade que ela carrega, além de uma enorme densidade de conteúdos a exigência de saberes prévios nas áreas de Biologia celular e Química Orgânica (Garcês *et al.*, 2018).

Outro ponto que dificulta o processo de ensino-aprendizagem da química, e Bioquímica por consequência, é a falta de relação entre o conteúdo da disciplina e o universo dos estudantes. Os alunos denunciam isso como um motivo de insatisfação, o que gera desestímulo e pouca participação nas aulas (Solner *et al.*, 2020). Somando a isto, as metodologias tradicionais da educação ainda são muito utilizadas pelos professores, que lecionam sem buscar a contextualização e onde os alunos meramente recebem as informações e decoram inúmeras nomenclaturas, ideias e métodos que muitas vezes são vistos como irrelevantes por eles (Garcês *et al.*, 2018). Sendo assim, o uso de ferramentas digitais podem favorecer o ensino de bioquímica, oferecendo potencialidades que as metodologias e tecnologias tradicionais não oferecem, isso porque a utilização desses mecanismos digitais gerou uma melhor performance e entendimento dos saberes bioquímicos, possibilitando os estudantes observarem e aplicarem conceitos abstratos em sua realidade corriqueira (Dalberto; Alves; Fernandes, 2023).

Pensando ainda no grande volume teórico que exige muito esforço do imaginário dos alunos, é importante que o professor para solucionar esse problema, os ditos anteriormente e outros não citados, se utilize de artifícios capazes de possibilitar a

visualização de ideias abstratas por parte dos alunos, sendo a realização de aulas práticas um excelente meio para tal. Sem o uso desse artifício, as informações obtidas durante a aula e com a leitura dos livros didáticos podem rapidamente ser inutilizadas (Vieira *et al.*, 2001).

3.2 A vivência prática no processo de ensino

Uma atividade prática é o contato entre os estudantes e objetos palpáveis, através de equipamentos, ferramentas, livros, microscópios, entre outros. Com essa interação, que ao tornar-se natural e social, formam-se conexões capazes de possibilitar a formação de novos saberes (Vasconcellos, 1995). Tanto processo de relacionar e desenvolver os saberes científicos são beneficiados pelo uso de aulas práticas, além disso, esse uso possibilita que sejam capazes de abordar com objetividade sua realidade e criar resoluções para desafios difíceis (Belotti; Faria, 2010).

A importância da prática no processo de aprender e do fazer ciência já é reconhecida a bastante tempo, em que a experimentação teve seu destaque em evidência desde o século XVII, de acordo com Giordan:

A experimentação ocupou um papel essencial na consolidação das ciências naturais a partir do século XVII, na medida em que as leis formuladas deveriam passar pelo crivo das situações empíricas propostas, dentro de uma lógica sequencial de formulação de hipóteses e verificação de consistência. Ocorreu naquele período uma ruptura com as práticas de investigação vigentes, que consideravam ainda uma estreita relação da Natureza e do Homem com o Divino, e que estavam fortemente impregnadas pelo senso comum. A experimentação ocupou um lugar privilegiado na proposição de uma metodologia científica, que se pautava pela racionalização de procedimentos, tendo assimilado formas de pensamento características, como a indução e a dedução. (Giordan, 1999).

As aulas experimentais proporcionam a liberdade de, por meio delas, promover debates sobre a ciência e suas conexões com a tecnologia presente na realidade dos estudantes, os acordos sociais relacionados à gênese do saber científico, os impactos ambientais (positivos ou negativos) consequentes do exercício científico, entre diversas outras maneiras de firmar conexões entre as concepções científicas em foco e o cotidiano dos discentes (Gonçalves; Marques, 2006).

A prática pode ser utilizada em antecipação ao conteúdo teórico de uma aula, posteriormente à aula, ou ser a metodologia de estudo da aula, cabendo ao professor

apontar a melhor situação para seu uso (Bartzik; Zander, 2016). Em uma aula expositiva ou de conversação, por exemplo, não são capazes de promover o conhecimento da mesma forma que uma atividade prática, já esta, por sua vez, leva à assimilação dos saberes prévios. É um dever conjunto, do professor e da unidade de ensino (seja ela pública ou privada) proporcionar esta modalidade de ensino (Andrade; Massabni, 2011).

Somado a isso, uma temática já trabalhada por um professor pode ser resgatada por uma aula prática, dando base para o estudante criar uma nova percepção sobre o mesmo assunto. Ao assimilar um tema trabalhado em sala de aula, o estudante pode expandir seus pensamentos e críticas sobre os eventos ao seu redor, o que gera, por consequência, debates na sala de aula, estimulando os alunos à expor suas ideias e aprender a lidar com as considerações alheias (Leite *et al.*, 2005).

Ao pensarmos no ensino de Bioquímica, a aula experimental ganha um destaque ainda maior. A experiência em laboratórios de práticas traz o estudante de um pensar unicamente abstrato para um fazer real. A teoria estudada em sala de aula pode ser vivenciada e experimentada através de problematizações propostas em uma aula prática laboratorial, fazendo deste uma importante objeto de estudo (Interamimense, 2019).

A experimentação possibilita que o estudante teste as hipóteses que lhe foram apresentadas para responder uma pergunta, bem como permite a gênese de novas hipóteses. A experimentação facilita o entendimento das etapas do método científico e gera fascínio pela pesquisa científica (Lavor, 2020). Sob essa perspectiva, o uso da experimentação pode ser interpretada como como uma metodologia facilitadora, já que permite aos alunos um mecanismo de aprendizado mais estimulante (Moreira *et al.*, 2023). Com o exposto, é possível afirmar que, nas palavras de Moreira *et al.* (2023), “a experimentação contribui significativamente na integração dos conceitos vistos durante as aulas teóricas, além de serem percebidas como facilitadoras de interação entre os estudantes”.

As aulas em laboratório também estimulam o desenvolvimento da autonomia do discente, em que ele poderá por si só, ou em grupo, gerar as próprias ideias, percepções e conclusões sobre o conteúdo trabalhado. A autonomia intelectual dos estudantes é estimulada quando o discente permite que os alunos reflitam de forma emancipada ao invés de fazê-lo por eles, o que prepara os alunos para agir de maneira eficiente, inventiva e questionadora (Garrido, 2002).

A utilização deste espaço também é eficiente quando as práticas laboratoriais são colocadas num contexto histórico-tecnológico, ligadas com a assimilação da temática em que o saber empírico seja experimentado e questionado, para assim se realizar a formulação das ideias (Leite *et al.*, 2005). Nesses espaços, também, os alunos podem interagir com maquinários e materiais distintos os quais não pertencem ao seu cotidiano de fora do ambiente formal (Borges, 2002).

Mesmo com todas essas vantagens das aulas práticas, ainda é muito comum a denúncia de discentes que afirmam que não vivenciaram ou não vivenciam tal modalidade de ensino. Seja por diversos fatores, o uso de aulas práticas ainda é muito desestimulado entre professores e escolas. Desde a falta de estrutura à falta de profissionais qualificados, os motivos da não realização dessas práticas laboratoriais são impeditivos à realização das práticas experimentais, portanto devem ser compreendidos e solucionados a fim de proporcionar a vivência prática aos estudantes.

3.3 Dificuldades para a aplicação de práticas laboratoriais

Para que uma sala seja considerada um bom laboratório, ela deve atender alguns requisitos básicos, como: um bom sistema elétrico com tomadas e iluminação de qualidade, presença de pias e torneiras (onde o número desses itens deve condizer com o número de discentes), bancadas pregadas às paredes laterais onde os utensílios da aula possam ser livremente colocados, mesas forradas com material de boa resistência química, reservatórios para a higienização de utensílios, bicos de gás, um local para armazenar os projetos em andamento e um armário para guardar objetos valiosos, quebradiços ou perigosos (Weissmann, 1998).

Com tantas exigências que esse espaço exige, muitas escolas não possuem condições de obter ou manter um laboratório funcional, ou as que possuem, muitas vezes não funcionam em condições adequadas e por isso muitos professores evitam sua utilização. Quando nos voltamos às escolas, principalmente as públicas, muitas vezes não possuem os equipamentos necessários, com laboratórios em condições precárias, afetando a qualidade ou até impossibilitando que a aula prática tenha seu objetivo atingido, ou até mesmo, pela falta de mecanismos de segurança, arriscando a vida e a saúde dos que estão no local (Salesse, 2012).

A falta de estrutura e de materiais e equipamentos para os laboratórios nas escolas é consequência, principalmente, da falta de recursos financeiros para essas instituições.

Essa dificuldade financeira também causa a falta manutenção dos equipamentos já adquiridos e do próprio espaço físico, tornando a qualidade desses espaços, da aulas nesses locais, precários (Berezuk; Inada, 2010).

Além das questões estruturais, outros fatores impactam negativamente na utilização desse espaço. Estudos apontam aspectos como o mau comportamento de alunos nesses locais e a ausência de técnicos de laboratório são fatores desestimulantes para os professores (Interamimense, 2019).

Outro fator relevante é a falta de tempo denunciada pelos professores, já que os mesmos precisam planejar e montar as aulas com antecipação, o que é dificultado graças ao grande volume de aulas ministradas e o fato de muitos trabalharem em mais de um turno e/ou escola (Berezuk; Inada, 2010).

Ainda há outro problema que afeta não só a qualidade de aulas práticas mas como no ensino de maneira geral, o fato de que muitos professores não são licenciados na disciplina que lecionam na escola, isso faz com que se sintam despreparados, desmotivados e incapazes de trabalhar no laboratório os leva a se prenderem somente ao ensino conceitual e expositivo (Hamburger; Matos, 2000).

Além disso, o baixo acesso à água em escolas de locais marginalizados, o difícil acesso ao descarte correto de resíduos, a periculosidade dos materiais, falta de equipamentos de segurança e vários outros fatores impedem a utilização de laboratórios para aulas práticas. Entretanto, os alunos não podem ser privados do ensino prático para que se desenvolvam plenamente, e, por isso, com tais problemas em evidência, destaca-se a necessidade de ferramentas alternativas para que as práticas laboratoriais sejam viabilizadas.

Nesse sentido, as TDIC's podem atuar como solução para tais problemas. Oliveira (2020), discute em sua dissertação como um laboratório virtual (LV) é capaz de auxiliar no processo de ensino de bioquímica celular, através de uma Sequência Didática Interativa utilizando como tema transversal a obesidade. Ao observar as consequências dessa combinação de ferramenta e metodologia ele conclui que:

“Foi possível perceber que auxiliou os estudantes a compreenderem os assuntos discutidos, oportunizou novas formas de aprendizagem e proporcionou o protagonismo estudantil, características de um ensino investigativo, em que o estudante se faz mais envolvido no processo de aprendizagem.” (Oliveira, 2020).

Com o exemplo dessa experiência exitosa, as TDIC's mostram-se como ferramentas viáveis à prática educacional em alternativa aos laboratórios tradicionais.

3.4 O uso de TDIC's como alternativa para aulas práticas

O processo de ensino focado somente nos livros didáticos, linguagem complexa tanto por parte dos livros quanto dos professores, a desconexão entre os saberes prévios e os saberes trabalhados na aula, descontextualização e a alta exigência de abstração. Todas essas são complicações perceptíveis no ensino da Bioquímica (Delamuta, 2017).

Por ser uma ciência tão abstrata, a Bioquímica necessita de mecanismos que auxiliem o processo de ensino-aprendizagem. Nesse aspecto, a experimentação provou seu valor no desenvolvimento educacional dos alunos, entretanto muitas instituições não possuem um laboratório ou maquinário necessário para sua utilização. Nesta situação, as TDIC's se provam como uma ferramenta educacional poderosa.

Quando se trata do ensino de Química e Bioquímica, a utilização de TDIC's é especialmente cativante, em especial pela possibilidade ilustrar os eventos da natureza no de forma virtual, tornando mais dinâmico o processo de ensino-aprendizagem. Isso é possível, porque, com o seu uso, pode-se criar e testar hipóteses e simulações de eventos moleculares, desenvolvendo os saberes teóricos através da prática (Giordan, 2008).

Ao reconhecer as dificuldades da Bioquímica, é fundamental que o professor passe a pensar em novos métodos e meios para auxiliar a aprendizagem dos discentes. Como muitos conceitos da Bioquímica são complexos de visualização e de alta abstração, a utilização da TDIC no ensino pode facilitar o aprendizado dos discentes de forma eficiente.

O ensino é facilitado com o uso correto das TDIC's, em que ferramentas *on-line* direcionadas ao conteúdo específico podem ser exploradas para fins didáticos, melhorando a experiência dos alunos e do próprio professor. Através dessas metodologias diferenciadas, os estudantes são estimulados a fazer mais do que apenas preencher meras cópias de tarefas em livros ou em atividades baseadas em memorização, estas que geralmente não contribuem para uma aprendizagem significativa.

As competências de mediação das TDIC podem ser utilizadas principalmente em dois segmentos como mecanismo no processo de aprendizagem: servindo de ponte entre as interações entre os participantes (discente e docente), e como intermédio entre os

conteúdos de aprendizagem e as relações voltadas à comunicação entre os professor-aluno ou aluno-aluno. Contudo, a latente mediação da TDIC's só é despertada se os alunos e educadores utilizarem estas ferramentas na proposição, sistematização e no direcionamento das atividades durante o processo de ensino-aprendizagem, isto é, nas atividades educacionais que transpassem a sala de aula em suporte aos usuários dela (Coll *et al.*, 2010).

Nesta lógica, o uso de ferramentas como *softwares* de simulação são ótimas ferramentas de aprendizado, suprimindo carências como a falta de um espaço físico de laboratório para a aplicação de aulas práticas experimentais, principalmente no âmbito da bioquímica. Mesmo que a passos lentos, o uso dessas ferramentas vem ficando mais popular entre os professores, isso porque há uma grande variedade de aplicações de *softwares* voltados ao ensino de Bioquímica, justamente pela exigência de abstração que a ciência faz (Whitehead; Pence, 2002). O intuito desses programas vai além de auxiliar os docentes no desenvolvimento das aulas, eles permitem que os estudantes assimilem e compreendam os eventos moleculares, mais do que simplesmente decorá-los (Whitehead; Pence, 2002).

Existem algumas ferramentas, como os laboratórios virtuais (LV), que são capazes de simular um elevado número de experiências em que os estudantes podem realizá-las em um curto período de tempo, em contrapartida, há uma quantidade consideravelmente baixa de *softwares* de simulação voltados à bioquímica (Galembeck *et al.*, 1998). Um exemplo de Software direcionado especificamente à bioquímica seria o Swiss Pdb-Viewer (DeepView), que é uma ferramenta voltada a observação e manipulação de moléculas proteicas (Gao; Lloyd; Kim, 2020).

Quando comparado às tradicionais ilustrações, ou até as animações, o uso de simulações se sobrepõem quando se trata de proporcionar o entendimento de eventos essencialmente dinâmicos. O uso da tecnologia possibilita o reconhecimento de novas metodologias de ensino, quando visualizadas as táticas usadas na implantação eficaz de simulações na atividade pedagógica, investigando as possibilidades de utilização (Honink, 2016).

Apesar das grandes potencialidades dos *softwares* educativos, capazes de suprir as lacunas nos meios tradicionais de ensino, essa tecnologia depende completamente da forma que é utilizada para explorar essas potencialidades (Galembeck *et al.*, 1998). Portanto, é necessário que o docente conheça não só a variedade de ferramentas

disponíveis, mas também utilize estratégias metodológicas que possam extrair as potencialidades dessas ferramentas. Mesmo se tratando de ferramentas inovadoras, sua utilização por si só não rompe com o tradicionalismo e muito menos promove o aprendizado. Para que isso ocorra, é necessário que o professor rompa com os meios e direcionamentos educacionais tradicionais e busque pela utilização de paradigmas que contemplem o processo educacional em sua plenitude.

3.5 Os Paradigmas da Ciência

De acordo com o dicionário *on-line* Michaelis, a palavra PARADIGMA nasceu do grego *parádeigma* e significa “modelo” ou “padrão”. Um paradigma é um produto social, gerado por um grupo de pessoas ao longo do tempo, e como tal é carregado por crenças e preceitos desse grupo (Behrens, 1999). As demandas e direcionamentos vigentes no meio social é quem dita o surgimento de um paradigma. Um paradigma é um conjunto de atitudes, procedimentos, convicções e opiniões comuns a um grupo de cientistas. Um paradigma torna uma comunidade científica em uma unidade, tal qual uma comunidade científica dá a luz a um paradigma (Kuhn, 1998).

A todo momento, percebemos o mundo à nossa volta pela ótica de nossos paradigmas. Eles agem como filtros, ditando aquilo o que nos é passível de percepção e reconhecimento e nos inclinam a negação e deturpação das informações que não condizem com as expectativas projetadas. Um evento será alvo de percepções diferentes, caso aqueles que o observam se guiem por paradigmas diferentes (Vasconcellos, 2012).

É importante atentar-se ao fato de um paradigma da ciência, embora carregue consigo a palavra “ciência”, não afeta somente a comunidade científica, muito pelo contrário, na verdade, ela se relaciona diretamente com toda a sociedade, influenciando e sendo influenciado pela mesma. Desde o século XVII é comum desassociarmos nossas ações e valores dos fatos científicos, quando, na verdade, os fatos científicos são produtos gerados pela percepção, ética e atividades humanas, ou seja, de um paradigma, do qual não podem ser desatrelados. Mesmo que a maior parte das pesquisas aprofundadas não deva ser nitidamente associada aos valores de seu pesquisador, o paradigma mais amplo, relacionado à pesquisa, a realidade é que nenhum trabalho é realmente livre de valores. Nessa lógica, o profissional é responsável não só pelo exercício da pesquisa, mas também pela sua integridade (Capra, 1996).

Para entender o que é um paradigma, devemos entendê-lo como um produto social. A criação e o funcionamento de um paradigma dependem dos valores e direcionamentos da época em que se situa, da mesma forma que estes são modelados pelo paradigma, em uma relação de reciprocidade. Por isso, da mesma forma, sua vigência sobre um grupo dependerá das necessidades e valores compartilhados, à medida que estes mudam, um novo paradigma passa a ser adotado.

Entretanto, não devemos compreender um paradigma como um sistema fechado, ou apto a adequação de um modelo que vem se firmando a gerações, devemos, na verdade, estudá-lo e examiná-lo de forma crítica – este processo ocorre de forma diferenciada quando esta adesão não se dá de forma consciente, quando nos desenvolvemos imersos em determinado paradigma desde os primeiros anos – para só então considerarmos a possibilidade de integrá-lo ou não. Além disso, os paradigmas não existem de forma linear, um dando lugar a outro em sequência, mas são construídos a partir do cotidiano e existindo simultaneamente, ocasionando uma interação que gera novos pressupostos e novos direcionamentos que configuram uma variação de posturas sociais (Behrens, 1999).

Existe uma mudança referente aos paradigmas educacionais no ensino de ciências ao longo da História da Educação Brasileira. O dito Paradigma Tradicional da Educação dá início a jornada histórica paradigmática nacional (Behrens *et al.*, 2006).

Do início do século XIX até grande parte do século XX o paradigma da Sociedade de Produção de Massa levou a um processo de ensino aos moldes da produção fabril. Os alunos são submetidos a um processo de modelagem em que seguem cegamente os direcionamentos do professor e se tornam exímios repetidores. O objetivo final desse processo era a gênese de pessoas submissas, acríticas e imitadoras dos dizeres alheios (Behrens, 1999).

Este paradigma é pautado na visão do homem como uma máquina, onde se entende que ele é composto de partes e que estas partes são passíveis à melhora, e, nesta lógica, mais importante que o próprio todo (Barbosa, 1995). Esse desmembramento é característico do paradigma tradicional. A valorização exclusiva das partes promoveu a formação do conhecimento em nichos desconexos e sem comunicação. Este pensamento cartesiano prevaleceu em nossa sociedade por muito tempo, e, durante esse período, moldou nossa sociedade ocidental contemporânea e ainda influenciou o resto do mundo (Capra, 1996).

A fragmentação do saber afetou tanto a produção quanto a comunicação do conhecimento científico, guiando a produção acadêmica, o exercício profissional e os mecanismos educacionais. Nas instituições de ensino, particularmente, este paradigma impregnou-se por décadas, em todos os níveis educacionais. A proposição da fragmentação do todo pelo paradigma cartesiano foi adotada pelas escolas, ocasionando o rompimento do conhecimento em áreas, destas em cursos, dos mesmos em disciplinas e, por fim, repartindo estas em especialidades, levando os docentes, conseqüentemente, a uma prática isolada em suas determinadas salas (Behrens, 1999).

O paradigma cartesiano atua por métodos de repetição valorizando a oralidade e escrita através da memorização, estimulando a competitividade e o individualismo (Masetto; Behrens; Moran, 2000). Neste paradigma a educação é verticalizada e o professor é o centro do processo educativo. Estas características newtonianas-cartesianas, que dão nome ao paradigma, são muito marcantes neste padrão de pensamento tradicional. Explicitando o funcionamento desta relação verticalizada entre professor e aluno, Behrens (1999) afirma:

Salvaguardadas as exceções, os docentes conservadores aliam a competência ao autoritarismo. O professor bom é aquele que conhece seu conteúdo, apresenta-se severo, exigente e não deve "mostrar os dentes para os alunos". O silêncio e a disciplina são essenciais para desencadear o ensino reprodutivo e conservador. A avaliação tem o seu foco na memorização e na assimilação, e, em algumas áreas, o professor adquire credibilidade pelo número de alunos que são reprovados na sua disciplina. (Behrens, 1999).

Com a chegada da era do conhecimento, ao final do século XX, houve uma mudança social proporcionada pela revolução da informação e da comunicação. A nova demanda da sociedade passa a ser de profissionais pensantes, com ideias e opiniões autônomas, capazes de interagir com os outros ao mesmo tempo em que toma as próprias decisões, que sejam críticos e criativos (Behrens, 1999).

Ao passo que analisamos o maiores problemas de um período histórico, mais somos direcionados a compreender que eles não podem ser interpretados de forma isolada, mas que, na verdade, são problemas partes de um grande sistema, logo, são interconectados e são dependentes uns dos outros (Capra, 1996). A fragmentação estimulada pelo paradigma cartesiano passou a ser observada e discutida, e assim, percebida por muitos

como um empecilho a resolução de problemas, que em sua essência são interrelacionados.

Um dos principais objetivos da ciência é a busca por respostas à solução de problemas. Os principais problemas existentes podem ser solucionados, alguns deles até mesmo de formas simples, entretanto, para tal, mostrou-se necessária uma grande mudança de percepções, ideias e valores (Capra, 1996). Logo, a chegada de um novo paradigma tornou-se iminente, já que essa mudança de posicionamento se mostrava cada vez mais imprescindível para a comunidade científica e educacional.

Com as novas demandas sociais, o paradigma cartesiano começa a perder seu lugar para novos paradigmas, pois ele já não é mais capaz de atender as necessidades vigentes. Ao passo em que se fortalecem as críticas ao paradigma cartesiano, o paradigma emergente ganha força, pois somente ao repensar o paradigma vigente é possível romper com os seus mecanismos.

Pensar numa mudança paradigmática em educação é reconhecer a crise porque passa a mesma, é reconhecer a falência da visão cartesiana/newtoniana de mundo e, portanto, desse paradigma de racionalidade mecanicista/reducionista, pilar sobre o qual foi construído o conhecimento, o pensamento e a cultura ocidentais. (Azenha; Marquezan, 2000).

O paradigma emergente, também chamado de ecológico, holístico ou sistêmico, ganha força com o início do declínio do paradigma cartesiano. Ele é pautado na oposição do pensamento vigente, buscando a integralização, trazendo a ideia de um sistema conectado. Ele surge com a proposta de romper com as ideias do paradigma cartesiano, promovendo uma perspectiva ampla e unificada onde o conhecimento já não é mais unilateral e vertical, mas sim horizontal e de dupla via. Tal paradigma traz uma abordagem a favor de um conhecimento em forma de teia onde tudo está ligado (Behrens, 2000).

O paradigma sistêmico busca pela mudança de pensamento, e exploração, a contemplação e a criticidade sobre os assuntos. Ele compreende a gênese do conhecimento como um processo autônomo, questionador e crítico (Masetto; Behrens; Moran, 2000). Nele, a relação entre as partes é muito mais relevante que suas estas isoladas.

Além da interconexão, o pensamento sistêmico preza também pelo respeito à natureza e a preservação de recursos às gerações futuras. Através da ótica sistêmica, as

únicas possibilidades às resoluções de problemas são as ditas sustentáveis, pois a sustentabilidade passou a ser vista como essencial com o movimento ecológico (Capra, 1996). Entendendo o universo como um sistema conectado, foi natural ao paradigma sistêmico aderir ao pensamento ecológico, visto que os danos à natureza levam a crises para além de sua existência em si.

Ao dizermos que a visão sistêmica engloba a visão ecológica, devemos entender a palavra “ecológica” com um sentido mais abrangente e de maior profundidade que a forma com que é empregada usualmente. O entendimento de uma visão ecológica aprofundada compreende a dependência mútua essencial de todos os eventos do universo, e que enquanto seres individuais e, simultaneamente, unidos em comunidade, somos todos peças relacionadas nos eventos cíclicos da natureza, e, por consequência, dependentes desses eventos (Capra, 1996).

Com a crescente mudança paradigmática e a iminente virada do século, as problemáticas resultantes do paradigma vigente ocasionaram o questionamento do sistema educacional, desde sua estrutura ao seu funcionamento. Isso ocorreu, pois o fazer pedagógico está intimamente relacionado aos paradigmas vivenciados pela sociedade ao passar do tempo (Behrens, 1999). Assim, muitos docentes passaram a repensar sua prática profissional e, conseqüentemente, promover uma mudança no meio educacional.

Entretanto, esta mudança de paradigma não foi abraçada por todos. As ideias advindas com o novo paradigma como paz universal, uma educação que conecta o ser humano a si próprio e ao próximo, a volta da essencialidade e da existencialidade, espiritualidade, integralidade e sustentabilidade soaram aos que se opunham como fantasioso e utópico onde somente poetas ou loucos poderiam crer (Azenha; Marquezan, 2000).

A mudança do pensamento cartesiano para o pensamento sistêmico exige uma mudança de práticas e valores, pois o primeiro paradigma valoriza a auto-afirmação enquanto o segundo valoriza a integração. Vale destacar que nenhuma dessas características é, essencialmente, é boa ou má, mas, na verdade, ambas são intrínsecas à natureza humana, sendo a harmonia entre elas o ideal, enquanto o destaque de uma em detrimento de outra leva ao desequilíbrio. Observando nossa sociedade ocidental, podemos notar que há um excesso da valorização da auto-afirmação e a baixa estima

das tendências integrativas, sendo tal característica evidente em nossos pensamentos e valores (Capra, 1996).

Não é fácil tomarmos consciência de nosso paradigma, repensá-lo então, torna-se mais difícil ainda. Quase sempre esse exercício é angustiante. Ao se questionarem, é comum que as pessoas sintam desnorteadas, como se recebessem uma pancada na cabeça ou como se o mundo parecesse invertido (Vasconcellos, 2012). O processo de mudança de um paradigma é vagaroso e complexo, porque a alteração de princípios tem por consequência um choque nas estruturas dos pensamentos (Morin, 2006).

Os fatores que retardaram o declínio do paradigma cartesiano e a ascensão do sistêmico foi o próprio sistema oriundo do pensamento cartesiano, como trazem Azenha e Marquezan:

As dificuldades e resistências neste momento de transição estão postas nas condições próprias do sistema: a lógica do mercado, concentrando renda nas mãos de poucos, causando miséria; a exploração gananciosa dos recursos naturais, causando a exaustão da natureza; as falácias políticas, com suas promessas vazias; o avanço tecnológico sem ética, à ciência tudo é permitido, mesmo destruindo os povos e seus patrimônios culturais; o poder cristalizado do acesso ao conhecimento para uns poucos, enquanto a maioria vive na ignorância; a opressão e violação dos direitos humanos básicos. (Azenha; Marquezan, 2000).

Enquanto o paradigma sistêmico abria caminho na disputa com o paradigma cartesiano, surgiu um novo paradigma, ganhando maior notoriedade no início do século XXI, com um gigantesco potencial, o paradigma da complexidade. Sendo o mais jovem dos três paradigmas, surgiu dos estudos da cibernética e da biologia. Sua ascensão veio em socorro às disciplinas das ciências naturais, cibernética, teorias da comunicação e várias outras que geraram complicações ao longo de seu próprio andamento (Serva, 1992).

Entendendo que há causalidade circular em vez de causalidade linear, a complexidade visa contextualizar eventos, ao invés de somente quantificá-los, e investigar sistemas dentro dos sistemas porque reconhece que a simplificação obscurece as inter-relações (Vasconcellos, 2012).

A procura de resoluções para a ineficiência do pensamento simplificado e a tentativa de um pensamento que abarca a instabilidade, a confusão e o incerto são

alguns dos objetivos do paradigma complexo. É um meio de reflexão que objetiva encarar a realidade, conversar e barganhar (Morin, 2006).

Quando observamos um evento, não como um evento isolado, mas como um micro evento que está intrinsecamente relacionado a outros micro eventos em simultâneo formando uma grande teia que está em constante desenvolvimento e alteração, se organizando e reorganizando de forma autônoma, entendemos que a realidade é, na verdade, um sistema dinâmico, imprevisível e ingovernável (Vasconcellos, 2012).

O paradigma da complexidade pode ser lido como a interseção entre o aprofundamento das partes presente no paradigma cartesiano e a visão macrocós mica e interligada do sistêmico. Este paradigma abraça a incerteza e a mutabilidade do universo e do conhecimento sobre ele. Dessa forma, escolher a incerteza exige a racionalidade das teorias e o pensamento crítico sobre si e sobre o mundo (Morin, 2000).

Este tipo de pensamento almeja um saber multidimensional, entretanto compreende a impossibilidade de um saber absoluto. Isto é, ele reconhece que o entendimento sobre o mundo é mutável e que por isso a onisciência torna-se impossível, ao mesmo tempo que procura articular os saberes de diversas disciplinas a fim de formar um conhecimento complexo e articulado (Morin, 2006).

O objetivo da bioquímica é explorar o conhecimento presente nos eventos a nível microscópico e submicroscópico, todavia, através do pensamento complexo podemos entender de forma mais completa, por meio da reintegração, os eventos biológicos anteriormente desmembrados em diversas especialidades (Mariotti, 2000). O uso de ferramentas digitais pode fornecer à bioquímica essa abordagem reintegradora proposta pelo pensamento sistêmico-complexo, desde que as características dessa ferramenta obedeçam sua filosofia: trazendo conceitos sistematizados, contextualizados, possibilitando o desenvolvimento do pensamento e sem respostas simples e prontas. Do contrário, se a ferramenta estiver associada a lógica cartesiana, ou seja, pautada na mera memorização, fragmentação e simplificação dos conceitos, o professor terá dificuldades em integrá-la de forma eficiente à uma metodologia pautada nos outros paradigmas.

A partir desse olhar, fica perceptível que para a bioquímica, assim como as ciências naturais de maneira geral, as metodologias tradicionais de ensino já não se mostram suficientes para suprir as necessidades complexas dessa disciplina.

4. METODOLOGIA

A presente proposta metodológica trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza interpretativa, cabendo ao pesquisador descrever uma pessoa ou cenário, analisar dados, identificar temas ou categorias e, finalmente, fazer uma interpretação ou tirar conclusões sobre o seu significado (CRESWELL, 2007). Nesse sentido, a presente pesquisa envolve uma Revisão Sistemática, a qual teve o intuito de analisar ferramentas tecnológicas para simulação de práticas experimentais de Bioquímica, estabelecendo uma articulação entre o uso de tecnologias com os paradigmas da ciência.

4.1 Revisão Sistemática

Foi realizada uma revisão sistemática a partir de artigos originais publicados em periódico e dissertações indexados nas bases de dados eletrônicas, visitados através da Plataforma Google Acadêmico, que é capaz de atuar como uma ferramenta de busca. O presente estudo consistiu em quatro etapas: Busca eletrônica nas bases de dados (etapa 1); seleção e identificação dos artigos elegíveis (etapa 2); extração dos dados dos estudos incluídos na revisão (etapa 3); e análise dos dados (etapa 4) (Silva; Lins; Leão, 2015). As etapas supracitadas estão em consonância com os procedimentos propostos por Megid Neto (1999), conforme descrito no Quadro 01.

Quadro 01: Procedimentos metodológicos

Etapas metodológicas da pesquisa desenvolvida	Revisão Sistemática - Megid Neto (1999)
Etapa 1 - Busca eletrônica nas bases de dados	Etapa 1 - Identificação de trabalhos produzidos na área. Definição dos trabalhos científicos como dissertações, teses, artigos publicados em periódicos, relatórios de pesquisa, trabalhos publicados em atas de eventos científicos, entre outros;
Etapa 2 - Processamento - Seleção e identificação dos documentos elegíveis	Etapa 2 - Escolha e classificação dos documentos. Seleção dos documentos segundo critérios e categorias estabelecidas em conformidade com os interesses e objetivos do pesquisador;
Etapa 3 - Saída - Extração dos dados	Etapa 3 - Descrição e análise das características e das tendências do material.

Etapa 4 - Análise descritiva e paradigmática	Etapa 4 - Avaliação dos principais resultados, contribuições e lacunas.
--	---

Fonte: Os autores

4.1.1 Entrada - Busca eletrônica nas bases de dados

A base de dados consultada foi o Google Acadêmico. A escolha da plataforma justificou-se pela capacidade da mesma em buscar e redirecionar o pesquisador a outras bases nas quais os trabalhos estão disponibilizados. O período da pesquisa incluiu estudos publicados entre os anos de 2018 até 13 de abril de 2024, totalizando um recorte temporal de cinco anos, explorando artigos escritos em língua portuguesa, inglesa e espanhola. O recorte temporal específico foi determinado com a intencionalidade de averiguar o que havia sido produzido antes da pandemia de Covid-19, durante e logo após a mesma, para em seguida traçar um comparativo. A busca na plataforma se deu por duas combinações de descritores: “virtual laboratory” + “biochemistry” para resultados majoritariamente em língua inglesa, e “laboratório virtual” + “bioquímica” para resultados majoritariamente em língua portuguesa e espanhola. O agrupamento dos trabalhos, com relação ao período de publicação, e a filtragem linguística foi feito com o auxílio das ferramentas de busca da própria plataforma.

4.1.2 Processamento - Seleção e identificação dos documentos elegíveis

Para a identificação dos artigos elegíveis para inclusão na revisão, foi realizada uma triagem inicialmente pelo título e, em seguida, pelo resumo e/ou metodologia (em trabalhos descritivos ou de revisão, ou ainda trabalhos densos como dissertações, outros aspectos também foram observados superficialmente, como os resultados e embasamento teórico). Buscamos identificar aqueles que apresentem relações com o foco temático envolvendo a utilização de recursos tecnológicos digitais para o ensino de bioquímica, dentro do recorte temporal estabelecido. Para a classificação dos artigos enquanto elegíveis e não elegíveis, foram estabelecidos critérios de inclusão, apresentados e justificados no Quadro 02, e de exclusão, apresentados e justificados no Quadro 03:

Quadro 02: Critérios de Inclusão

Estar relacionado ao Ensino de Bioquímica	Por se tratar de uma pesquisa voltada ao ensino de bioquímica, foram admitidos os trabalhos que fossem direcionados à tal. Mais do que uma ciência isolada, a Bioquímica abraça várias outras áreas do
--	--

	saber como a biomedicina, medicina, nutrição, entre outros (Huang, 2000). Com isso em mente, ainda foram aceitas, neste critério, outras temáticas relacionadas, como genética (síntese de proteínas) ou química orgânica.
Fazer menção a um <i>software</i> de simulação que possua uma plataforma de uso ou site para <i>download</i>	Como o objetivo desta pesquisa envolve analisar ferramentas tecnológicas para simulação de práticas, só foram aceitos os trabalhos que traziam alguma ferramenta de simulação em seu corpo e que esse simulador seja passível de <i>download</i> ou possua uma plataforma <i>on-line</i> para sua utilização.
Ter sido publicado no período de recorte temporal estabelecido	Com um vasto número de trabalhos relacionados aos descritores, o recorte temporal torna-se fundamental para a viabilidade da pesquisa. Optamos por trabalhar com o período de 2018 a 2024 por duas razões: para que pudéssemos limitar a quantidade de trabalhos e ainda assim ter um número expressivo, e observar o efeito da pandemia sobre as pesquisas envolvendo simuladores (resultado na etapa 1).
Possibilidade de escrita em língua portuguesa, inglesa ou espanhola	Para delinear ainda mais a pesquisa, e também pela qualidade do entendimento por meio da tradução, optamos por trabalhar somente com este recorte linguístico.
Obra disponível de forma gratuita	A gratuidade das obras permitem a visualização e leitura integral dos trabalhos, o que é essencial para a análise.

Fonte: Os autores

Quadro 03: Critérios de Exclusão

Fugir do foco temático	Mesmo com um eficiente mecanismo de busca, a plataforma exibiu muitos trabalhos não relacionados ao foco temático, ou se associando a apenas um dos descritores. Os trabalhos que foram reconhecidos nessa situação não seguiram para as etapas seguintes.
Não fazer menção a nenhum <i>software</i> de simulação	Por vezes, a busca resultou em trabalhos que não faziam menção a nenhuma ferramenta de simulação, sendo assim, desviando-se dos objetivos propostos, resultando em sua exclusão da análise.
Não explicitar o nome do <i>software</i> que está sendo mencionado	Foi reparado que, por vezes, o trabalho chegava a mencionar algum simulador ou até mesmo sua utilização, entretanto, o nome do simulador se manteve oculto em todo o corpo do trabalho, e por isso foram desconsiderados.

Fugir do recorte linguístico	Mesmo com o filtro ativo na plataforma, algumas publicações escritas em línguas divergentes às do recorte foram encontradas, e, por não se enquadrarem no recorte, foram desqualificadas nesta etapa.
Obra indisponível para consulta	Por vezes, ao procurar por obras na plataforma, é comum que se encontre <i>links</i> que já não funcionam, ou que levam à página de aviso de indisponibilidade. Após a catalogação, estas obras indisponíveis foram desconsideradas das etapas posteriores.
Obra indisponível de forma gratuita	Mesmo reconhecendo o valor da produção científica, para manter a viabilidade da pesquisa, optamos por não trabalharmos com obras de acesso pago. Como não é possível analisar seu conteúdo de forma integral sem a sua aquisição, estes não são passíveis de prosseguir para as próximas etapas, tornando a acessibilidade gratuita um requisito obrigatório.
Fazer menção a um <i>software</i> que não possa ser encontrado na <i>web</i>	Algumas das publicações encontradas mencionam <i>softwares</i> , mas não apresentam um <i>link</i> em que possa ser usado ou baixado. Nessas situações, o simulador citado foi procurado na <i>web</i> e os que não foram encontrados, foram descartados. Além disso, alguns artigos mencionam simuladores desenvolvidos pelos próprios redatores, mas os mesmos não disponibilizaram o simulador na <i>web</i> , por isso também foram desqualificados.

Fonte: Os autores

Os trabalhos que atenderam a todos os critérios de inclusão e não se enquadram em nenhum dos critérios de exclusão passaram para etapa de extração de dados. Entretanto, para analisar os Laboratórios Virtuais encontrados na etapa de extração, foi necessário o estabelecimento de critérios adicionais de exclusão, os quais não rejeitavam os trabalhos nos quais foram citados, mas eliminavam apenas os *softwares* da análise paradigmática. Os critérios de exclusão dos LV's foram listados e justificados no Quadro 04:

Quadro 04: Critérios de Exclusão de LV's

<i>Software</i> de uso pago	Para manter a viabilidade da pesquisa, optamos por não analisarmos simuladores de acesso pago.
<i>Software</i> indisponível no período de análise	No caso do simulador que estava disponível no período de coleta, mas que, no período de análise encontrava-se indisponível, este não seguiu para a

	análise.
Software incompatível com o equipamento	Os simuladores que não eram compatíveis com o equipamento disponível para a realização da pesquisa foram desconsiderados da análise.

Fonte: Os autores

4.1.3 Saída - Extração dos dados

Em posse dos artigos foi feita a extração dos seguintes dados:

- (a) Referência da publicação;
- (b) Tamanho da amostra;
- (c) Idioma;
- (d) Identificação do recurso tecnológico digital utilizado;
- (e) Acesso (pago ou gratuito) ao recurso tecnológico digital utilizado;
- (f) Identificação dos conteúdos trabalhados;
- (g) Contribuições da aplicação de recursos tecnológicos no ensino de bioquímica;
- (h) Limitações da aplicação de recursos tecnológicos no ensino de bioquímica.

Os descritores selecionados para este estudo estão em consonância com os descritores elaborados por Megid Neto (1999) e com os índices de tendências elaborados pelo Centro de Documentação em Ensino de Ciências (CEDOC).

Segundo Megid Neto (1999) é importante identificar o ano da publicação a fim de caracterizar o desenvolvimento da produção acadêmica ao longo do tempo, o que pode contribuir para compreender a sua evolução histórica.

Os dados obtidos foram organizados em planilha no Editor de Planilhas do Microsoft Excel, para posterior análise dos dados.

4.1.4 Análise descritiva e paradigmática

A análise descritiva se deu ao longo da exposição dos resultados, onde as informações obtidas desde a busca eletrônica até a extração de dados foram levados à reflexão. Ela também está presente na análise dos simuladores propriamente ditos, junto à análise paradigmática.

Na análise paradigmática, buscamos identificar o potencial das tecnologias utilizadas para a transposição de aulas práticas experimentais para ambientes virtuais, no que concerne uma abordagem inovadora. Para tal, fizemos a análise a partir dos paradigmas Cartesiano-Newtoniano, Sistêmico e Complexo. No Quadro 05 apresentamos uma síntese das principais características de cada paradigma científico. Só foram analisados os laboratórios virtuais de acesso gratuito, compatíveis com o equipamento utilizado e disponíveis na fase de análise.

Quadro 05: Características dos paradigmas da Ciência

Paradigmas	Características
Cartesiano	Conhecimento verticalizado – aprofundamento das partes; Tendência à simplificação e ao imediatismo; Argumentação em prol de uma causalidade simples e priorização da objetividade; Referência aos elementos do macro e microuniverso de forma generalizada, sem articulação dos processos; Não relaciona o indivíduo ao ambiente. Separa sujeito-objeto, divide tudo em dois lados, o certo e o errado, o falso e o verdadeiro; Ênfase na linearidade, reforçando a fragmentação conceitual e a não percepção de um organismo completo e articulado; Apresenta características de reatividade, com repetição de ideias e de termos, fazendo sempre menção a um mesmo ponto central, reforçando o que foi dito anteriormente; O pensamento linear não aceita refletir sobre os paradoxos e diferenças e valoriza a sequencialidade e a repetição.
Sistêmico	Articulação entre as partes e destas com o todo; Busca a abrangência. Leva em consideração vários fatores. Considera que todos os fatores são importantes e que todos precisam ser considerados de modo conjunto e cibernético; Relaciona um aspecto macroscópico ao microscópico, de forma a compreender que os processos ambientais têm uma repercussão em nível microscópico e vice-versa; Mudança das partes para o todo; Percepção do mundo como uma rede de relações; O que importa não são as partes do sistema em si, mas o modo como elas se interrelacionam; Ênfase na construção dialógica entre os aspectos do macro e microuniverso fazendo menção processual aos eventos de interação entre organismo/ambiente e organismo/organismo; É contextual, pois necessita considerar o processo e buscar sentido nos eventos que estejam atrelados ao seu meio ambiente.
Complexo	Articulação desejada, que emerge da união entre o conhecimento aprofundado das partes (Cartesiano) e as inter-relações entre as partes com o todo (Sistêmico); Traz elementos da linearidade e das inter-relações das partes com o todo, e desse todo com as influências do ambiente, revelando uma compreensão de que o organismo é um todo em contínuo fluxo de matéria e energia; Pressupõe uma abertura para a aleatoriedade, a surpresa, as modificações; Em vez de ficar apenas discutindo os resultados, propõe que é preciso também questionar o processo mental por meio do qual eles foram alcançados.

Fonte: Behrens (1999)

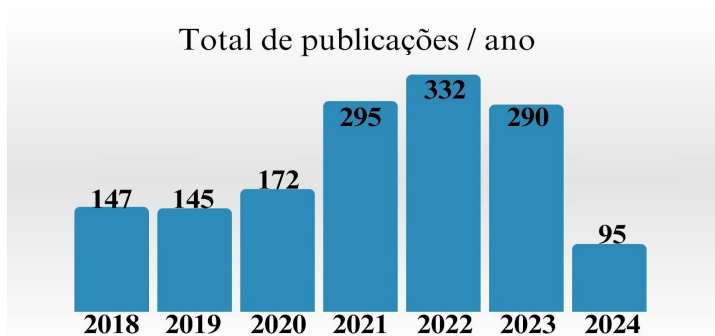
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de expor e discutir sobre as informações obtidas de forma clara e coesa, optou-se por apresentar os resultados e as discussões de forma sequencial, seguindo uma ordem semelhante à proposta na metodologia, da etapa 4.1.1 à 4.1.3, e ao final, dando o destaque à análise paradigmática acerca dos simuladores. Sendo assim, os dados obtidos na revisão sistemática foram organizados nos subtópicos que se seguem:

5.1 Busca eletrônica nas bases de dados

Na realização desta etapa foram feitas as pesquisas na plataforma Google Acadêmico em duas etapas, utilizando os descritores “virtual laboratory” + “biochemistry” no primeiro momento, e “laboratório virtual” + “bioquímica” no segundo. Foi tomado o cuidado de verificar os links encontrados na segunda pesquisa para evitar catalogar o mesmo trabalho mais de uma vez. Somando os resultados dessa pesquisa, foram encontradas 1472 obras associadas aos descritores pela plataforma (ressaltando que os filtros linguísticos – português, inglês e espanhol – e os marcadores temporais – 2018 a 2024 – da plataforma foram utilizados no momento da busca). Às obras, foram atribuídos códigos de A1 até A1472, de acordo com a ordem em que foram registrados. A disposição dessas obras com relação aos anos de publicação pode ser observada no Gráfico 01.

Gráfico 01: Total de publicações distribuídas nos anos 2018 a 2024



Fonte: Os autores

A partir do Gráfico 01, é possível observar que o volume de produções acadêmicas relacionadas ao descritores era estável durante os anos de 2018 e 2019, e esse número de publicações sobe 18,62% no ano de 2020 em comparação com o ano

anterior, entretanto, é no ano de 2021 que existe um crescimento explosivo desse volume, representando mais que o dobro de obras publicadas em 2018. Esse valor subiu 12,54% no ano seguinte a 2021 e em seguida apresentou uma leve queda, comparada aos valores do ano de 2022, tendo uma baixa de 12,65% em 2023. No último ano, esse número despenca, apresentando um declínio de 67,24% em comparação aos valores de 2023, entretanto, deve-se ressaltar que embora o número de bruto de produções encontradas tenha sido menor, a coleta foi encerrada pouco após o fim do primeiro trimestre do ano, por tanto, esse número deve subir ao decorrer do ano. É possível presumir que esse valor cresça consideravelmente pelo histórico dos três anos anteriores e principalmente quando relacionamos com o ano de 2018, onde em poucos meses já foi publicado quase 65% do volume de produções do primeiro ano coletado.

Esse aumento no número de produções acadêmicas relacionadas aos descritores pode ser associado à pandemia de covid-19 que teve início em 2020. Por conta do distanciamento social decorrente da pandemia, muitas instituições de ensino foram obrigadas a operar de forma remota (e híbrida com a flexibilização posterior) por muito tempo. A evolução tecnológica e a da internet fizeram com que ocorresse muitas alterações nas configurações organizacionais na sociedade, nos seus gostos e nos seus costumes, e, no período pandêmico, os professores precisaram se apropriar dos mais variados recursos tecnológicos e utilizá-los efetivamente com o advento do ensino remoto (Montenegro; Matos; Lima, 2021). Com a crescente busca por métodos alternativos, houve também, por consequência, um aumento nos estudos voltados aos mesmos, o que explica os dados resultados.

5.2 Processamento - Seleção e identificação dos documentos elegíveis

Após a catalogação das obras conforme seus devidos anos de publicação e a formação de um banco de dados, viu-se necessário a elaboração de critérios delimitantes para a realização da análise, visto o grande volume de obras encontrado. Para a eleição das obras, estabelecemos critérios de inclusão e exclusão na busca por atingirmos uma padronização eficiente do conteúdo, os quais foram descritos anteriormente nos Quadros 02 e 03.

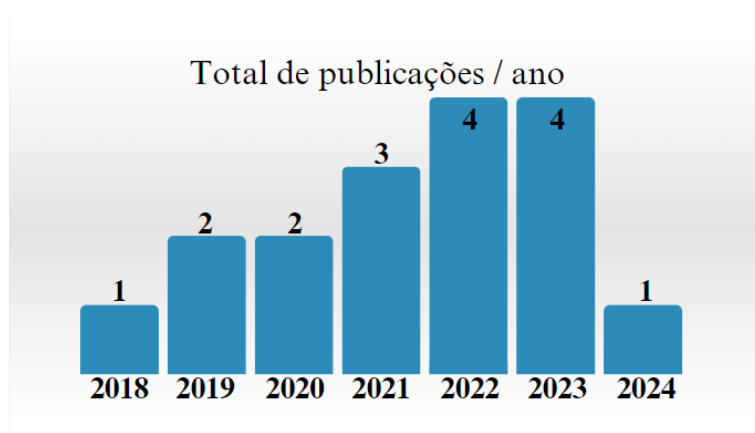
Como exposto, a plataforma de busca foi o Google Acadêmico, plataforma esta que se encontra disponível na internet desde 2004 e tem a intenção de ser uma ferramenta de busca de dados e produções acadêmicas (Caregnato, 2011). Após a aplicação dos critérios, foi percebido que os que mais desqualificaram em termos numéricos, foram os

dois primeiros de inclusão e o primeiro de exclusão (sendo esses complementares). Isso mostra que a ferramenta de busca da plataforma seleciona um grande número de produções pouco relacionadas aos descritores, ou relacionadas a somente um descritor. Vale destacar também que os descritores utilizados abriam margem para uma gama muito variada de possibilidades de obras. Estes dois fatos levaram a um número muito grande de obras não relacionadas aos objetivos do presente trabalho.

Mesmo com a queda gigantesca na quantidade de obras, no intuito de zelar pela efetividade da pesquisa, optamos por manter todos os critérios. Os outros critérios também foram aplicados a todos os trabalhos catalogados e, com isso, houve uma queda novamente no número de artigos elegíveis em comparação ao de artigos catalogados, entretanto, muito menos expressiva que os mencionados anteriormente.

Ao fim da filtragem, o número de artigos aptos a seguir para as etapas seguintes foi de 17 obras, o que representa cerca de apenas 1,15%, aproximadamente, do valor original. A disposição dessas obras com relação ao ano de publicação está visível no Gráfico 02.

Gráfico 02: Publicações elegíveis distribuídas nos anos 2018 a 2024



Fonte: Os autores

É possível notar que, embora, o número de pesquisas elegíveis e catalogadas não sejam exatamente proporcionais quanto a distribuição em relação aos anos de publicação, o aumento de estudos no período pandêmico ainda é perceptível. Entretanto, é evidente que o número de pesquisas envolvendo ferramentas de simulação no campo da Bioquímica é muito pequeno e as suas possibilidades de uso são muito pouco exploradas no âmbito da pesquisa do meio educacional, tornando visível que existe uma timidez, desconhecimento ou, até mesmo, uma resistência em aderir essas ferramentas.

Nantes *et al.* (2016), mostra que, em uma pesquisa investigativa realizada, existe uma parcela de educadores dispostos à adesão de ferramentas tecnológicas no sistema educacional, bem como o oposto também, professores que se recusam a implementar tais recursos em suas aulas. Tal perspectiva é refletida nos dados obtidos.

5.3 Saída - Extração dos dados

Os trabalhos aprovados pela etapa 02 seguiram para a extração de dados, os quais foram organizados em planilhas no excel e organizados em tabelas. Estas por sua vez, foram separadas por ano, e nelas contém: código do artigo, idioma do artigo (E = espanhol, I = inglês e P = português), referência do artigo, e o simulador apresentado. Essas informações podem ser observadas nos quadros 06 à 12.

Quadro 06: Dados referentes às publicações elegíveis de 2018

Código	Idioma	Link de acesso	Referência	Simulador
A115	E	http://server-profesorado-informatica-1piso-bl2.unsl.edu.ar/index.php/dc/article/view/29	SUVIRE, F. Conversaciones con el Dr. Fernando Suvire . <i>Docentes Conectados</i> , v. 1, n. 2, p. 70-78, 2018.	PhET - Chemcollective - Odyssey

Fonte: Os autores

Quadro 07: Dados referentes às publicações elegíveis de 2019

Código	Idioma	Link de acesso	Referência	Simulador
A148	I	https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bmb.21221	DE VRIES, L. E; MAY, M. Virtual laboratory simulation in the education of laboratory technicians —motivation and study intensity. <i>Biochemistry and Molecular Biology Education</i> , v. 47, n. 3, p. 257-262, 2019.	Labster
A150	I	https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23752696.2019.1599689	COLEMAN, S. K.; SMITH, C. L. Evaluating the benefits of virtual training for bioscience students . <i>Higher Education Pedagogies</i> , v. 4, n. 1, p. 287-299, 2019.	Labster

Fonte: Os autores

Quadro 08: Dados referentes às publicações elegíveis de 2020

Código	Idioma	Link de acesso	Referência	Simulador
A344	P	https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/39334	OLIVEIRA, F. A. J. Laboratório virtual como ferramenta estratégica na aplicação da Sequência Didática Interativa no ensino de Biologia com enfoque na obesidade . 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 2020.	PhET

A462	I	https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.0c00634?casa_token=rUAVyWrWAZsAAAAA:ABEUFV2IAKkUVcWAdoRHS8dTzlxXA6ZMNVcj-Mwc5aGDrJ6yIH8R5nSn2Fk99Ow2gjOpbzGsPxYYCmM	GAO, R.; LLOYD, J.; KIM, Y. A desirable combination for undergraduate chemistry laboratories: Face-to-Face teaching with computer-aided, modifiable program for grading and assessment. Journal of Chemical Education, v. 97, n. 9, p. 3028-3032, 2020.	PhET; Labster; Swiss Pdb-Viewer (DeepView) ; LearnSmart Lab (McGraw)
------	---	---	--	--

Fonte: Os autores

Quadro 09: Dados referentes às publicações elegíveis de 2021

Código	Idioma	Link de acesso	Referência	Simulador
A468	I	https://www.researchgate.net/profile/Sinan-Aslan-6/publication/376990450_Some_New_Fractional_Order_Integral_Inequalities_for_Logarithmically_Convex_Functions/links/659126ec6f6e450f19b8058d/Some-New-Fractional-Order-Integral-Inequalities-for-Logarithmically-Convex-Functions.pdf#page=67	AYTIEVA, F. B.; TESHEBAEVA, U. T.; ABDULLAEVA, Z. D. Case-Based Learning Approach and Technologies to Advance Teaching Biochemistry in the University. ADVANCES IN NATURAL & APPLIED SCIENCES, p. 24.	VALUE @ Amrita online laboratory
A485	I	https://api.scienceweb.uz/storage/publication_files/1632/2747/6321bd628dec4_213-Article%20Text-556-1-10-20210208%20(1).pdf	RAXMONQULOV, R.; SULAYMANOVA, D. Problems of teaching technical sciences. European Scholar Journal, v. 2, n. 2, p. 34-37, 2021.	STAR
A725	E	https://repositorio.udes.edu.co/server/api/core/bitstreams/1e509a88-d6df-46b4-a7a0-a9ec741948bb/content	SUAREZ, E. A. A.; OVIEDO, C. F. R. Aplicación de Laboratorios Virtuales Como Estrategia Pedagógica Para el Proceso de Enseñanza del Concepto de Ph en el Grado Undécimo. 2021.	PhET; Model Chemlab

Fonte: Os autores

Quadro 10: Dados referentes às publicações elegíveis de 2022

Código	Idioma	Link de acesso	Referência	Simulador
A757	I	https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bmb.21613	SORAYA, G. V.; ASTARI, D. E.; NATZIR, R.; YUSTISIA, I.; KADIR, S.; HARDJO, M.; BUDU, B. Benefits and challenges in the implementation of virtual laboratory simulations (vLABs) for medical biochemistry in Indonesia. Biochemistry and Molecular Biology Education, v. 50, n. 2, p. 261-272, 2022.	Labster
A758	I	https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/tjb-202	KELEŞ, D.; BULGURCU, A.; DEMIR, E. F.; ŞEMİN, I. M. The effect of virtual	labster

		0-0619/html	laboratory simulations on medical laboratory techniques students' knowledge and vocational laboratory education. Turkish Journal of Biochemistry, v. 47, n. 4, p. 529-537, 2022.	
A788	I	https://penerbit.uthm.edu.my/ojs/index.php/jstard/article/view/13105	DEWI, R. K.; KHOLIS, N.; MARPUAH, S.; GHOZALI, M. ICT Based Chemistry Learning Innovation To Improve Student's Creativity In The Digital Era. Journal of Social Transformation and Regional Development, v. 4, n. 2, p. 65-74, 2022	Phet
A1014	E	https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/8001a60b-b567-470b-aa95-99d97b3d4808/content	ESTÉVEZ, C. V.; RIESCO, M.; M, A. I. M.; CUERVO, S. C.; DÍAZ, D. M.; SÁNCHEZ, M. A.; DIÉZ, M. R. Laboratorio virtual en Biotecnología: aplicación y evaluación. 2022.	LabXchange

Fonte: Os autores

Quadro 11: Dados referentes às publicações elegíveis de 2023

Código	Idioma	Link de acesso	Referência	Simulador
A1097	I	https://pureportal.strath.ac.uk/en/publications/evaluating-the-benefits-of-virtual-laboratory-simulations-for-bio	BREMNER, S. Evaluating the benefits of virtual laboratory simulations for biomolecular science students. In: NES Annual Virtual Conference. 2023.	Labster
A1183	I	https://journal.formosapublicsher.org/index.php/fjst/article/view/6471	OBISPO, K. P. Learning Enzyme Concept through BioMan Enzymatic: An HTML Simulation Game. Formosa Journal of Science and Technology, v. 2, n. 10, p. 2751-2760, 2023.	BioMan Enzymatic
A1205	I	http://oapub.org/edu/index.php/ejes/article/view/5088	FERMANI, M.; GEORGIU, M. TEACHING PHOTOSYNTHESIS USING AN INQUIRY-BASED APPROACH VIA A DIGITAL EDUCATIONAL PLATFORM TO PROMOTE STUDENTS' UNDERSTANDING. European Journal of Education Studies, v. 10, n. 12, 2023.	Go-LAB
A1377	I	https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00219266.2021.1877776?casa_token=grtOUXac1cEAAAAA:3qLpVXYKL0FNPohMEWpNJRegVhz5VskpndfXQjOeUhirmtf8R3azELggnTJ56SoQHoSD2YGsrJmXk7vz	SERRANO-PEREZ, J. J.; GONZÁLEZ-GARCÍA, L.; FLACCO, N.; TABERNER-CORTÉZ, A.; GARCÍA-ARNANDIS, I.; PÉREZ-LÓPEZ, G.; ROMÁ-MATEO, C. Traditional vs. virtual laboratories in health sciences education. Journal of Biological Education, v. 57, n. 1, p. 36-50, 2023.	Phet; Educaplus; VALUE @ Amrita online laboratory

Fonte: Os autores

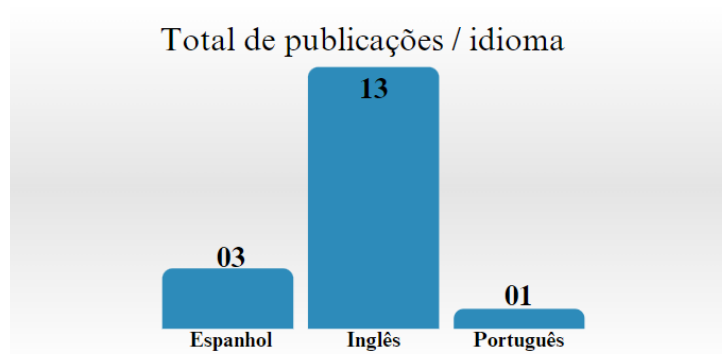
Quadro 12: Dados referentes às publicações elegíveis de 2024

Código	Idioma	Link de acesso	Referência	Simulador
A1386	I	https://osf.io/425pt/download	YETISEN, A. K. Virtual Science Laboratories in Biochemical Engineering . London, 2024.	Labster

Fonte: Os autores

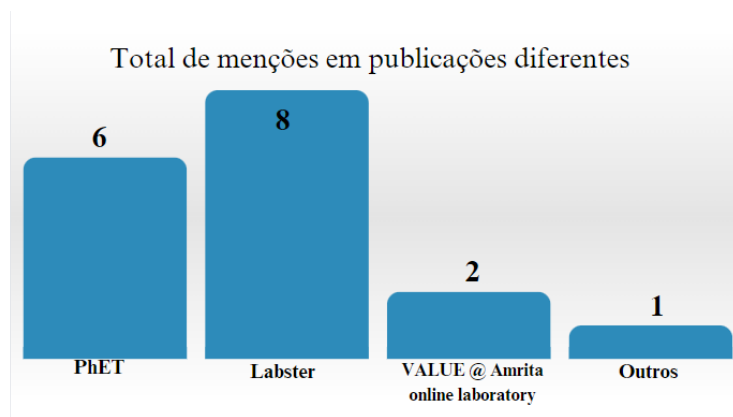
Para uma melhor observação de informações como o idioma das publicações e o número de publicações em que o simulador é citado, foram elaborados os gráficos 03 e 04, respectivamente:

Gráfico 03: Relação entre o número de publicações e o idioma



Fonte: Os autores

Gráfico 04: Quantidade de publicações em que um simulador é mencionado



Fonte: Os autores

Através dos quadros 06 a 12 e do Gráfico 03, é possível observar que entre os artigos elegíveis, o idioma predominante é o inglês. Tal situação já era esperada, visto que a língua inglesa é uma língua hegemônica. Esse poder hegemônico tem a

capacidade de conectar pessoas de diversos locais do mundo, ao mesmo passo que nos transforma em divergentes com o uso de nossa língua primária (Mastrella, 2007). Nessa lógica, não é surpreendente que o maior volume de publicações esteja na língua inglesa. Além disso, com uma única publicação em língua portuguesa, fica evidente a carência de pesquisas com o uso de simuladores, voltados ao ensino de Bioquímica, escritas em língua portuguesa e que sejam realizadas e destinadas ao público interno brasileiro.

Ainda utilizando os quadros 06 a 12, mas, com melhor visualização no Gráfico 04, é possível notar que os simuladores muitas vezes só são estudados por um ou dois artigos, explicitando que estes são pouco utilizados no ensino de bioquímica ou pouco conhecidos pelos educadores dessa área. As exceções são o PhET e o Labster, com seis e oito menções respectivamente. Isto sinaliza que estes são os mais requisitados, ou ao menos os mais conhecidos, dentre os professores/pesquisadores de Bioquímica. Dois motivos podem estar associados a essa interpretação: ambos possuem plataformas de navegação na *web* que permitem seu uso sem a necessidade de instalação (informação que pode ser observada no Quadro 13) e ambos possuem um acervo numeroso e diverso de simuladores.

Quadro 13: Dados referentes aos simuladores presentes nas publicações

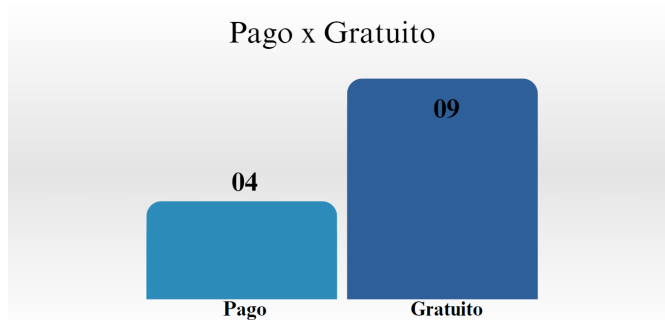
Simulador	Idioma	Link de acesso	Acesso	Forma de uso
PhET	P	https://phet.colorado.edu/pt/	Gratuito	Navegador
Labster	I	https://www.labster.com/	Pago	Navegador
Swiss Pdb-Viewer (DeepView)	I	https://spdbv.unil.ch/	Gratuito	Instalação
LearnSmart Lab (McGraw)	I	https://www.mheducation.com/highered/virtual-labs/search.html	Pago	Navegador
VALUE @ Amrita online laboratory	I	https://vlab.amrita.edu/index.php	Gratuito	Navegador
LabXchange	I	http://labxchange.org/	Gratuito	Navegador
STAR	I	http://star.mit.edu/	Gratuito	Instalação
Model Chemlab	I	https://www.modelscience.com/products.html	Pago	Instalação
BioMan Enzymatic	I	https://biomanbio.com/HTML5GamesandLabs/LifeChemgames/enzymatichtml5page.html	Gratuito	Navegador
Go-LAB	I	https://www.golabz.eu/	Gratuito	Navegador
Educaplus	E	https://www.educaplus.org/	Gratuito	Navegador

Chemcollective	I	https://chemcollective.org/vlabs	Gratuito	Navegador
Odyssey	I	https://www.wavefun.com/odyssey	Pago	Instalação
Observação: Parte dos Laboratórios Virtuais apresentavam versões em mais de uma língua. Aos que possuíam o português como alternativa, optou-se por destacar esta possibilidade. Quanto aos que não possuíam, optou-se por destacar o idioma que o LV se apresentou ao primeiro acesso na plataforma de uso/download.				

Fonte: Os autores

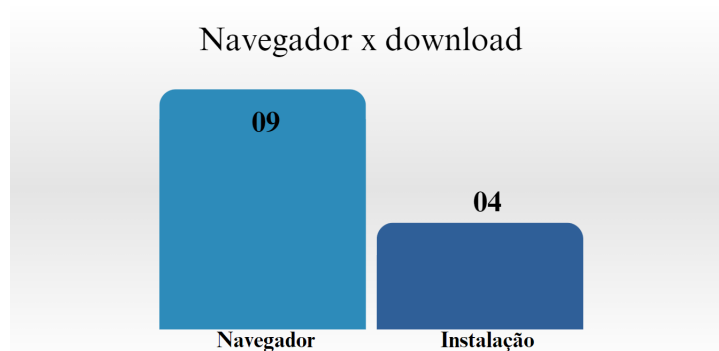
A fim de representar mais evidentemente o quantitativo de *softwares* de uso pago ou gratuito, bem como os de uso integrado à *web* ou mediante instalação, foram elaborados os gráficos 05 e 06, respectivamente, para representar este comparativo numérico.

Gráfico 05: Comparação entre os simuladores pagos e gratuitos



Fonte: Os autores

Gráfico 06: Comparação entre os simuladores nativos da *web* e que necessitam de instalação de *software*



Fonte: Os autores

A partir do Gráfico 05, nota-se que a grande parte desses simuladores é gratuita, o que contribui para a acessibilidade digital. Quando utilizamos um recurso digital para

fins didáticos, é importante que pensemos de forma inclusiva, e quando pensamos sobre acessibilidade no ambiente virtual, todos devem ser contemplados de forma que independa da ferramenta, condição ou tipo de pessoa que a use (Behar *et al.*, 2008).

Entretanto, podemos notar que o LV mais apontado, o Labster, é de uso pago. Por tanto, podemos dizer que a gratuidade não foi um fator determinante à parte considerável dos trabalhos encontrados. Isso mostra que apesar da grande maioria dos simuladores serem gratuitos, o custo-benefício ainda é levado em consideração, e, esse LV é julgado como vantajoso, apesar de seu preço.

Apesar disso, o fato de a plataforma possuir acesso pago dificulta, ou até mesmo impossibilita, a replicação das pesquisas por outros profissionais, visto que fatores monetários são limitantes a diversas pesquisas e aplicações quando estas não são financiadas. A gratuidade do simulador possibilita que um número maior de pessoas possa desfrutar de suas funcionalidades, enquanto o simulador de uso pago, restringe bem mais o seu público, já que muitas pessoas não possuem recursos financeiros para destinar a este fim.

Ainda, por meio do Gráfico 06, ainda é possível analisarmos que 09 dos 13 simuladores podem ser utilizados via navegador por meio de uma página da internet, enquanto 04 necessitam ser instalados para que possam ser utilizados. Os *softwares* que precisam de *download* podem ser mais exigentes quanto às qualidades processuais e memória do aparelho utilizado, mas em compensação podem oferecer ferramentas *offline*. Já os que não necessitam, fazem exigência de conexão à internet, mas em contrapartida, são mais acessíveis aos variados aparelhos e sistemas operacionais. Neste caso, é o educador quem deve avaliar qual a melhor alternativa a se optar.

Outro fator que também está relacionado à acessibilidade, é o idioma do simulador. Se tratando do Brasil, que possui como língua primária o português, o ideal é que os simuladores se apresentem na língua portuguesa, já que o comum é o não domínio de uma língua estrangeira. Ao observarmos o Quadro 13, vemos que somente o PhET apresenta uma versão em português, enquanto todos os outros são de língua estrangeira, e isso pode gerar situações desconfortáveis para o usuário, embora este problema possa ser solucionado, ou ao menos minimizado, por ferramentas como a de tradução presentes em navegadores como o Google Chrome.

Alguns desses apontamentos também foram observados como fatores limitantes por determinadas publicações dentre as estudadas. É possível observar nos quadros 14 a 20 a diversidade de formatos de trabalhos, quais os conteúdos trabalhados nas pesquisas e se houve ou não uma aplicação prática do simulador (esta informação é melhor ilustrada no gráfico 07), nas que houveram ainda estão descritas algumas das principais contribuições e limitações referentes ao uso da aplicação do laboratório virtual apontadas pelos trabalhos. Todas as publicações estão identificadas com o código e agrupadas de acordo com o ano de divulgação.

Quadro 14: Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2018

Código	Formato	Conteúdos trabalhados	Contribuições	Limitações
A115	Entrevista	Entrevista com o professor Fernando Suvire sobre a utilização de TDIC's no processo de ensino de ciências.	Não houve aplicação.	Não houve aplicação.

Fonte: Os autores

Quadro 15: Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2019

Código	Formato	Conteúdos trabalhados	Contribuições	Limitações
A148	Estudo experimental	A aplicação do laboratório virtual na formação de técnicos de laboratório utilizando simuladores de Clonagem molecular e de Sequenciamento de nova geração (NGS)	Auxílio na aprendizagem e na visualização dos eventos moleculares. Também, aumento na motivação, conexão e produtividade dos alunos.	Aumento da demanda de tempo e esforço sobre os discentes.
A150	Estudo experimental	A aplicação do laboratório virtual para o estudo de técnicas e procedimentos de segurança em laboratórios de bioquímica em ciências da saúde e natureza.	Aumento na confiança e na noção de causa e consequência em relação a segurança laboratorial.	Baixa adesão dos alunos por se tratar de uma atividade formativa e não-obrigatória.

Fonte: Os autores

Quadro 16: Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2020

Código	Formato	Conteúdos trabalhados	Contribuições	Limitações
A344	Dissertação de mestrado/ estudo experimental	Utilização de laboratório virtual no processo de ensino-aprendizagem na formação de uma Sequência Didática Interativa. A obesidade foi utilizada como eixo central para trabalhar os assuntos da bioquímica celular.	Possibilitou uma a aprendizagem dos alunos acerca dos conteúdos de forma interativa, dinâmica e significativa.	Embora o PhET funcione em smartphones, o programa utilizado só funciona em desktop. Além disso, muitos alimentos típicos da culinária brasileira não estão presentes no simulador.
A462	Estudo	Aplicação de laboratórios virtuais no	Aumento na segurança e	O contexto

	experimental	ensino de química e bioquímica em um contexto pandêmico, a fins de comparação de eficiência e preferências por parte de estudantes e professores.	redução de custos, além de facilitar o processo de avaliação.	pandêmico, que forçou o distanciamento e o ensino remoto, pode ter influenciado nos resultados. Apesar da maior eficiência dos LV, os alunos preferem as práticas em laboratórios presenciais.
--	--------------	---	---	--

Fonte: Os autores

Quadro 17: Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2021

Código	Formato	Conteúdos trabalhados	Contribuições	Limitações
A468	Estudo experimental	O uso de laboratórios virtuais associados a estudos de caso como ferramenta didática para o ensino de bioquímica, trabalhando o metabolismo de aminoácidos, durante o ensino remoto.	Maior captação da atenção e interesse dos alunos.	Estudo realizado de maneira completamente remota por conta da pandemia de Covid-19.
A485	Estudo descritivo	A importância da ciência da computação e suas tecnologias para a criação de ferramentas que auxiliam no processo de aprendizagem de outras ciências especializadas.	Não houve aplicação.	Não houve aplicação.
A725	Dissertação de mestrado/ estudo experimental	Uso de laboratórios virtuais como estratégia pedagógica para o ensino dos conceitos acerca das funções ácido-base.	O uso das ferramentas favoreceu nos estudantes uma mudança conceitual e de construção de conhecimento.	Por conta da Pandemia de Covid-19, a simulação precisou ocorrer em smartphones, que por vezes apresentavam baixa velocidade de conexão à internet.

Fonte: Os autores

Quadro 18: Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2022

Código	Formato	Conteúdos trabalhados	Contribuições	Limitações
A757	Estudo experimental	Estudo sobre benefícios e dificuldades ao se utilizar de laboratórios virtuais em substituição às práticas laboratoriais tradicionais com estudantes de bioquímica médica ao trabalhar anticorpos e procedimentos de tipagem sanguínea.	Aumento de motivação ao usar os laboratórios virtuais. Além disso, este favoreceu o domínio do conhecimento por meio da repetição.	Barreiras técnicas e linguísticas foram destacadas durante a implementação dos simuladores.

A758	Estudo experimental	Avaliação de eficiência de laboratórios virtuais como ferramentas de aprendizagem e sua integração à prática laboratorial médica no teor educacional ao utilizar simuladores de bioquímica (preparação de solução e hematologia) e microbiologia.	As ferramentas otimizam a aprendizagem e aumentam a automotivação e o foco dos alunos.	A tradução do inglês para a língua nativa cria dificuldades na aplicação e compreensão da simulação.
A788	Revisão de literatura	Coleta de dados de diferentes referências e fontes relacionadas à inovação na aprendizagem de química que utilizaram em TIC para aprimorar o poder criativo dos alunos.	Não houve aplicação.	Não houve aplicação.
A1014	Estudo experimental	Implementação de ferramentas de simulação e avaliação de seu uso e consequências deste.	As ferramentas foram úteis ao aprendizado e podem ser utilizadas como apoio ao estudo, para preparar e rever as tarefas realizadas em laboratório.	Baixo interesse dos alunos.

Fonte: Os autores

Quadro 19: Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2023

Código	Formato	Conteúdos trabalhados	Contribuições	Limitações
A1097	Estudo experimental	Estudo comparativo entre prática laboratorial exclusivamente presencial e PL mista (presencial e virtual) utilizando o teste de ensaio de imunoabsorção (ELISA) como temática central.	Os alunos foram capazes de concluir os testes e alcançaram notas mais altas nas avaliações relacionadas.	Dificuldade de convencer os alunos a aderirem ao material complementar.
A1183	Estudo experimental	Análise de ferramenta de simulação na compreensão e retenção de conceitos de biologia relacionados a enzimas pelos alunos do primeiro ano.	A ferramenta melhorou efetivamente o desempenho dos alunos, trazidos à luz pelos aumentos significativos nas pontuações médias entre os testes prévios e posteriores.	Falta de mais informações para compreender a variável de rendimento entre as turmas que participaram da experimentação.
A1205	Estudo experimental	Análise do laboratório virtual enquanto ferramenta para a aprendizagem baseada em investigação usando como temática a fotossíntese.	Mostrou a funcionalidade da ferramenta, classificando-a como "apelativa e eficaz".	Curto espaço de tempo e amostra pequena.
A1377	Estudo experimental	Estudo comparativo, dentro dos cursos de ciências da saúde, do impacto das diferenças entre a	Os laboratórios virtuais permitiram explorar e experimentar sem qualquer	Mesmo com os benefícios dos laboratórios virtuais,

		prática laboratorial presencial e virtual.	risco, e ainda permitem o ensino a distância.	os alunos demonstraram clara preferência pelo laboratório tradicional. Além disso, a pesquisa não leva em consideração fatores como: nível educacional, idade, deficiência ou muitos contextos socioeconômicos diferentes.
--	--	--	---	--

Fonte: Os autores

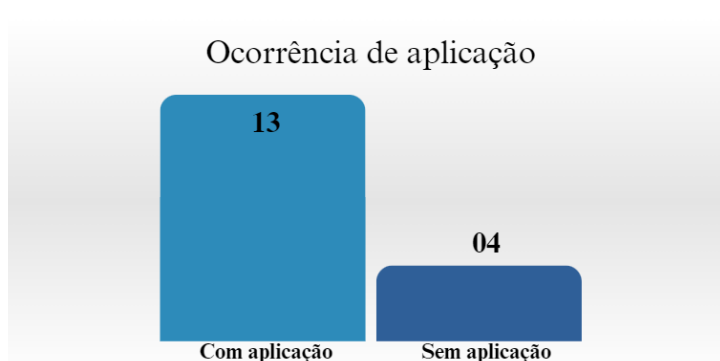
Quadro 20: Informações referentes ao conteúdo das publicações elegíveis de 2024

Código	Formato	Conteúdos trabalhados	Contribuições	Limitações
A1386	Estudo descritivo	Proposição de uma sessão de ensino (dividida em três momentos) utilizando laboratório virtual como recurso didático.	Não houve aplicação.	Não houve aplicação.

Fonte: Os autores

Através das informações presentes nos quadros 14 a 20, foi elaborado o Gráfico 07, para evidenciar com melhor visualização um comparativo entre os estudos que fizeram a aplicação da ferramenta e aqueles que apenas os mencionam.

Gráfico 07: Comparação entre o número de publicações com aplicação prática do simulador e as que não possuem aplicação.



Fonte: Os autores

Como dito anteriormente, alguns apontamentos anteriores entram em concordância com as informações obtidas pelas publicações, a exemplo da necessidade de conexão à internet e a barreira linguística (apontadas como limitações).

Outro fator que chama a atenção é os apontamentos constantes à pandemia, nos anos de 2020 e 2021 (período de maior intensidade do isolamento social), que forçou o abandono dos laboratórios presenciais e o refúgio nos laboratórios virtuais. Tal situação exigiu uma rápida adequação ao modelo de ensino remoto como alternativa para dar continuidade ao período letivo (Vieira; Silva, 2020). Isso comprometeu a comparação de resultados mediante a situação global atípica.

Também é possível perceber que dois dos trabalhos encontrados tratavam-se de dissertações de mestrado, o que, por si só, mostra um grande potencial pouco explorado do uso de simuladores, que possuem valor pedagógico em todos os níveis de ensino, mas também valor na pesquisa acadêmica (tanto ao nível de graduação quanto de pós-graduação) para buscar e conhecer novas formas de se pensar e fazer ciência.

Somando a isso, outro ponto de relevância é que a maior parte das publicações vêm de pesquisas experimentais com aplicação prática. Isso leva a compreender que, embora as pesquisas com o uso de simuladores no ensino de Bioquímica ainda seja muito pouco explorado, já existem esforços (que se intensificaram com a pandemia) para descobrir e entender os potenciais desses *softwares*, gerando maior volume de material de apoio, incentivo e inspiração para pesquisas futuras relacionadas.

5.4 Análise paradigmática

Ao chegar na etapa de análise paradigmática, é necessário esclarecer que, nesta etapa, somente foram analisados os laboratórios virtuais que são de acesso gratuito. Os que não se enquadram nesta condição foram utilizados na etapa anterior para o mapeamento do perfil das publicações e da utilização dos dos simuladores, entretanto, a fim de manter a pesquisa viável, tratamos nesta última etapa apenas dos simuladores de livre acesso.

Logo, nesta fase seriam explorados os potenciais paradigmáticos dos laboratórios virtuais: PhET, Swiss Pdb-Viewer (DeepView), VALUE @ Amrita online laboratory, LabXchange, STAR, BioMan Enzymatic, Go-LAB, Educaplus, Chemcollective. Entretanto, ao chegar no período de análise, o VALUE @ Amrita online laboratory encontrava-se indisponível para acesso e seu link levava a uma página de erro, por isso ele foi desconsiderado na análise.

Outro LV que foi removido da análise foi o STAR, este por motivo diferente do anterior. Houve a tentativa de instalação do *software*, entretanto, este se mostrou

incompatível com o equipamento disponível para a realização do projeto. Devido a impossibilidade de utilização do *software*, foi justificável sua remoção da lista de objetos de análise, já que a exploração do laboratório não seria realizada.

Evidenciado tais situações, chegamos de fato à análise. Os laboratórios que ancorados à plataformas de uso *on-line* foram acessados, enquanto os que eram de uso nativo foram devidamente instalados. A partir da exploração de cada um dos laboratórios, foram elaborados os quadros 21 e 22.

O Quadro 21 é constituído de informações e observações feitas sobre a plataforma/simulador em questão. Ao analisar um laboratório virtual vinculado à plataforma *on-line* foi feita uma observação geral tanto do ambiente, quanto dos simuladores, considerando-os como uma unidade. Os simuladores dentro de uma plataforma foram explorados separadamente, mas as considerações foram coletivas, numa perspectiva mais generalista, visto que em uma única plataforma poderia conter dezenas de simuladores. Também é importante ressaltar que tratam-se de observações baseadas na experiência durante o período da análise, não sendo, de forma alguma, uma sentença de qualidade (ou da falta dela), visto que a perspectiva pode variar de indivíduo para indivíduo, além do que os simuladores/plataformas podem ser atualizados com o passar do tempo e sofrerem alterações tanto em recursos, quanto em estética, funcionalidades, etc. No quadro foram destacadas as informações/observações julgadas como mais relevantes.

A maioria das plataformas possuem *softwares* de simulação de diversas áreas de conhecimento. Nesses casos, foram analisados somente os *softwares* voltados à bioquímica e/ou à temáticas relacionadas. Além disso, algumas plataformas também contavam com materiais educacionais de apoio (como *e-books*, apresentações interativas, videoaulas, lista de exercícios, entre outros), e, como a observação destes fogem aos objetivos propostos, esses materiais complementares não foram considerados na análise. Posta as informações supracitadas, o quadro apresenta-se a seguir:

Quadro 21: Informações e percepções dos LV's

LV	Descrição
PhET	A plataforma, embora possua uma versão em português, não tem tradução para todas as informações e simulações. Os simuladores disponíveis variam em usabilidade, intuitividade e complexibilidade. Possui um acervo grande em termos tanto de quantidade quanto em de

	<p>diversidade temática. Com relação à bioquímica, após uma busca rápida, não foram encontrados simuladores voltados especificamente à mesma, entretanto, vários foram observados vários simuladores com temáticas que podem ser facilmente relacionadas a tal (como: alimentação, química orgânica, phmetria, etc.). Os simuladores variam em aprofundamento, mas, de maneira geral, abordam os conceitos técnicos de forma densa e satisfatória. Cada simulador funciona de forma isolada, contudo, suas informações podem ser cruzadas e/ou complementadas com as de outros simuladores, ou ainda a mesma temática pode ser abordada com diferentes perspectivas em diferentes simulações. As simulações não fazem link direto entre si, dependendo da escolha e perspicácia do usuário. Alguns simuladores focam-se em uma única abordagem ou eixo temático, enquanto outros são altamente plurais. Alguns simuladores também dão margem à tentativa e erro, possibilitando a experimentação por parte dos alunos.</p>
LabXchange	<p>A plataforma agrega, de forma licenciada, simuladores de diversos desenvolvedores. Os simuladores são relacionados a temáticas específicas, das quais algumas estão dentro dos estudos bioquímicos. Estas temáticas estão agrupadas em três níveis de escolaridade, sendo esta diferenciação observada de maneira condizente nos simuladores presentes neles. Os simuladores variam na maneira que aborda os conteúdos, mas chama a atenção a especificidade com que as temáticas são tratadas na maioria das simulações, fazendo pouca ou nenhuma conexão temática, utilizando linguagens pouco diferenciadas no tratamento da informação. Algumas simulações também são pouco atrativas, visualmente falando. Embora os simuladores não façam articulações temáticas, na maioria das vezes, há um investimento no aprofundamento conceitual do conteúdo específico, dado os devidos níveis de escolaridade. Outro ponto de notoriedade dos simuladores da plataforma é a possibilidade de experimentar variações nas situações mostradas nas simulações.</p>
BioMan Enzymatic	<p>A plataforma se apresenta como um laboratório virtual semelhante a uma galeria de jogos agrupados por temática, e, é dentro alguns desses jogos que se encontram os simuladores. Os simuladores são bastante coloridos e esteticamente agradáveis, além de bastante intuitivos. Os simuladores, contudo, não possuem grandes funcionalidades e nem um grande aprofundamento conceitual, sendo melhor aproveitado enquanto ferramenta de perguntas e respostas do que como simulador de fato. Os simuladores quase não fazem articulações temáticas e pouco permitem a experimentação, gerando uma situação onde o usuário é levado a seguir um "passo a passo" ao invés de tomar as próprias decisões dentro da simulações, e, quando estas são permitidas, o número de possibilidades é pequeno.</p>
Go-LAB	<p>A plataforma é uma agregadora de simuladores e conta com um acervo de centenas de títulos, sendo estes agrupados em áreas. Como vários títulos foram agregados independentemente, muitos são similares ao tratarem de temas parecidos, em contrapartida, não parecem formar um</p>

	<p>padrão coeso na construção da plataforma. Por ser um agregador e pelo alto volume de simuladores, sua funcionalidade e design variam muito de simulador para simulador. A maioria dos simuladores pareceu focar no conteúdo específico que se propunha, mas alguns demonstraram articulações temáticas ou dava margem para uma possível correlação. Muitos simuladores também eram bem limitados quanto à possibilidade de ações e formação de questionamentos.</p>
Educaplus	<p>A plataforma é um site pessoal destinado a compartilhar trabalhos na prática educacional. No site, os simuladores são agrupados de acordo com a área do conhecimento a que podem ser associados. Poucos <i>softwares</i> na plataforma são voltados à bioquímica, mas há um número maior de <i>softwares</i> ligados a temas relacionados, entretanto, a maior parte desses <i>softwares</i> não podem ser classificados como simuladores, mas sim como um conteúdos didáticos interativos ou jogos. Os <i>softwares</i> são bastante coloridos e atrativos, além de intuitivos. Os <i>softwares</i> não se desprendem do conteúdo específico proposto e não fazem articulações temáticas, contudo, o aprofundamento conceitual é superficial. A possibilidade de experimentação é bastante limitada, visto a natureza simples dos <i>softwares</i>.</p>
Chemcollective	<p>O site agrupa os simuladores de acordo com a temática abordada. Embora a plataforma não apresente <i>softwares</i> voltados especificamente à bioquímica, existem simulações com temáticas relacionáveis. Os simuladores são bastante similares em estética e forma de abordagem. A simulação imita experimentos que podem ser realizados em laboratórios presenciais, com substâncias, vidrarias e equipamentos comuns à realidade laboratorial. O design é simples e funcional. As simulações não permitem muita variação de movimentos e ações, mas a mudança de utensílio, forma de uso e quantidades usadas levam a resultados diferentes, tal qual um experimento real. Cada simulação foca em seu conteúdo específico, mas também trabalha técnicas de uso laboratorial.</p>
Swiss Pdb-Viewer (DeepView)	<p>O aplicativo apresenta uma interface simples e similar a de outros aplicativos nativos de edição. O aplicativo permite a visualização, sobreposição e edição de moléculas proteicas. O aplicativo conta com três arquivos com códigos para a visualização de moléculas adquiridos junto com a instalação, mas novos arquivos podem ser adicionados e importados. Além de uma linguagem bioquímica bem específica, o programa também faz uso de uma linguagem informática, ora mais simples, ora mais complexa, se fazendo necessário conhecimento prévio de ambas as temáticas por parte do usuário. Com o foco aprofundado nesses dois saberes, o sistema não faz articulação com outros temas, ficando a cargo do professor qualquer possível associação. A possibilidade de mutação nos aminoácidos e outras alterações possibilitam a exploração de combinações por parte do usuário.</p>

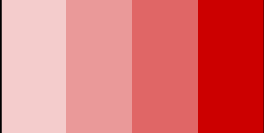


Fonte: Os autores

Quanto ao Quadro 22, que apresenta a análise paradigmática, este foi construído a partir dos princípios descritos no Quadro 05, bem como a partir das afirmações feitas no Quadro 21, além de percepções não descritas durante a exploração dos simuladores. Nesse quadro, os LV's estão dispostos de uma maneira que possibilita a visualização da manifestação dos paradigmas científicos. Para tal, foi elaborado um esquema de gradiente de cores, onde cada paradigma é associado a uma cor e quanto mais escura se mostra, mais características desse paradigma se fazem presentes tanto no *software* quanto em suas potencialidades, em contrapartida, o oposto também é evidenciado, quanto mais clara a cor, menos presente são as características do paradigma. Já a ausência de cor indica a não exploração do paradigma.

É importante levarmos em consideração que, assim como no Quadro 21, o Quadro 22 não é sentencial, pois foi baseado na experimentação vivida no período de análise. Além disso, por estarmos tratando também de potencialidades, não é possível perceber com exatidão as mesmas, afinal, trata-se de uma análise qualitativa, que está sujeita à subjetividade. Os LV's são ferramentas e as potencialidades destas estão diretamente relacionadas à criatividade, competência e intencionalidades do professor e/ou estudantes, levando a percepções variadas.

Além disso, dentro de uma mesma plataforma, os simuladores variavam bastante em seu teor paradigmático, portanto, foi feita uma avaliação geral dos simuladores presentes em cada plataforma. Vale ressaltar também que o gradiente não trata-se de uma resposta numérica à categorias, nem baseada em níveis pré-estabelecidos de características, mas sim uma expressão de uma interpretação subjetiva de cada LV, a partir do embasamento sintetizado no Quadro 05 e de observações apresentadas no Quadro 21, bem como mencionado anteriormente.

Quadro 22: Expressão paradigmática

LV	Base paradigmática		
	Pensamento Cartesiano	Pensamento Sistêmico	Pensamento Complexo
PhET			

tão parecidos. Como o Pensamento Complexo incorpora características do Pensamento Cartesiano e Sistêmico, é inevitável que a má exploração deste último implique na má exploração daquele que é seu semelhante. Mesmo assim, as expressões não são iguais, já que o Pensamento complexo possui outras características originais, como a abertura ao conhecimento mutável e a instabilidade do caos, entretanto, por ser mais jovem que os outros dois, esse paradigma é desconhecido pelo público geral mesmo sendo necessária sua incorporação para a inovação docente (Prigol, Behrens e Torres, [s.d.]). Tais características dificilmente são absorvidas pelos simuladores, visto que isso naturalmente exigia uma complexidade maior na sua programação para que abrissem o leque de possibilidades. Como é observado no Quadro 21, a maioria dos sistemas possui pouca ou quase nenhuma variação nos métodos e resultados, além da baixa possibilidade de exploração, concordando com as expressões no Quadro 22.

Em contrapartida, o paradigma cartesiano é bem representado por quase todos laboratórios virtuais. Dois fatores podem ser associados a esse fato: 1º) O Paradigma Cartesiano é o mais antigo e está em vigência a décadas, portanto a forma de se fazer e pensar educação dificilmente estará totalmente desvinculada dele, já que é desse meio educacional cartesiano, que valoriza a competição e a fixação de ideias, que vem a maior parte dos alunos (Cesario, Cesario e Santos, 2020), seja de nível básico ou superior; 2º) O método direto, repetitivo e autocentrado do Pensamento Cartesiano se encaixa perfeitamente com a simplicidade na programação desses *softwares*, já que o acúmulo de nuances e variáveis culminaria em elaborações mais complexas desses *softwares*. A complexidade desses programas é desejada, entretanto isso faz maior demanda de recursos financeiros e maior exigência profissional para desenvolvimentos desse porte. Ao mesmo tempo, essa metodologia unidirecional fortalece o aprofundamento do tema específico e a fragmentação do conhecimento (na maioria dos casos do Quadro 21).

O PhET, de acordo com o Quadro 22, é o único que compreende de forma satisfatória todos os três paradigmas, além de ter boa funcionalidade (como dito no quadro 21) e uma grande diversidade de simuladores. Essa combinação de fatores faz dele uma excelente ferramenta a favor do ensino. Entretanto, os outros laboratórios não podem ser desconsiderados, já que se utilizados da maneira correta, podem ser instrumentos úteis e diferenciados.

Entendendo que o Paradigma Complexo é o mais desejado entre os três, é necessário que o professor busque por ferramentas que o auxiliem na jornada do ensino de forma eficiente. Mas acima de tudo, ao escolher qualquer uma das ferramentas, esteja atento à metodologia, pois esta é verdadeiramente mais importante que o objeto de auxílio. Com a criatividade do professor e a liberdade do aluno é que essas ferramentas podem ser realmente significativas ao aprendizado, já que todas possuem suas características e potencialidades. Os educadores precisam fugir dos meios tradicionais para guiar os alunos pelo processo de ensino-aprendizagem contemporâneo de qualidade efetiva (Fernandes *et al.*, 2018).

Contudo, é necessário que tanto o professor quanto os alunos estejam dispostos a repensar toda a ação de ensinar-aprender, do contrário nem a mais eficiente das ferramentas educacionais terá resultados efetivos. Adotar o paradigma da complexidade não é uma tarefa fácil, pelo contrário, é sempre dificultoso o processo de troca de paradigma, além de lento já que esta mudança deve ser espontânea e necessita do abandono de valores anteriores (Behrens e Oliari, 2007).

6. CONCLUSÃO

O uso de recursos tecnológicos digitais voltados à simulação de aulas práticas é uma metodologia com um grande potencial educativo e que pode suprir as carências de laboratório físico, recursos financeiros e materiais, além de evitar situações de periculosidade. Quando fazemos conexão ao ensino de bioquímica, esse potencial fica ainda mais evidente, ao levarmos em consideração que esses recursos possibilitam a visualização de ideias completamente abstratas, promovendo uma maior apropriação por parte dos alunos.

Entretanto, ao decorrer da pesquisa foi observado que essas ferramentas ainda são pouquíssimo exploradas no campo da bioquímica, seja no âmbito do ensino, seja no da pesquisa. A pandemia de covid-19 levou à uma maior procura pelos laboratórios virtuais, visto a necessidade imposta pelo distanciamento social. Ainda assim, a exploração desses recursos ainda é muito pequena.

Foram analisados na pesquisa 07 LV's. Mesmo eles variando em sua abordagem e teor paradigmático, qualquer um dos *softwares* pode ser aplicado de forma vantajosa, desde que o professor compreenda quais são as vantagens e limitações de cada ferramenta. Compreendendo isso, o professor poderá escolher a(s) ferramenta(s) que melhor atenda as necessidades dos objetivos estabelecidos por ele.

O professor deverá escolher com cuidado a ferramenta que irá utilizar para que atinja os resultados que espera. Mas, mesmo com a baixa adesão dos outros paradigmas, todos possuem potencialidades que podem ser expressadas de acordo com a metodologia escolhida pelo professor, fazendo dessa a mais importante, pois a forma com que a ferramenta será aplicada é mais importante que a própria ferramenta, já que esta não é plena por si só.

7. REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

AZENHA, E. P.; MARQUEZAN, L. I. P. O paradigma holístico em educação: uma utopia possível. **Revista Educação Especial**, p. 81-90, 2000. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/5290/3221>>. Acesso em: 16/03/2024.

BARBOSA, M. A. A influência dos paradigmas cartesiano e emergente na abordagem do processo saúde-doença. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 29, p. 133-140, 1995. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/reensp/a/FtFFfyRCLgKWcqtJtmjcgj/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 16/03/2024.

BARTZIK, F.; ZANDER, L. D. A importância das aulas práticas de ciências no ensino fundamental. @ **rquivo Brasileiro de Educação**, v. 4, n. 8, p. 31-38, 2016. GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999. Disponível em: <<https://periodicos.pucminas.br/index.php/arquivobrasileiroeducacao/article/view/P.2318-7344.2016v4n8p31/11268>>. Acesso em: 13/03/2024.

BEHAR, P. A.; SOUZA, E. K.; GÓES, C. G. G.; LIMA, E. M. A importância da acessibilidade digital na construção de objetos de aprendizagem. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 6, n. 1, 2008. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/14459/8381>>. Acesso em: 15/04/2024.

BEHRENS, M. A. A prática pedagógica e o desafio do paradigma emergente. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 80, n. 196, 1999.

BEHRENS, M. A.; OLIARI, A. L. T. A evolução dos paradigmas na educação: do pensamento científico tradicional à complexidade. **Rev. diálogo educ**, p. 53-66, 2007. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/1891/189116805004.pdf>>. Acesso em: 03/07/2024.

BEHRENS, M. A.; RAU, D. T.; KOBREN, R. D.; BRECAILO, D. Paradigmas da ciência e o desafio da educação brasileira. **Revista Diálogo Educacional**, v. 6, n. 18, p. 183-194, 2006.

BELOTTI, S. H. A.; FARIA, M. A. Relação professor-aluno. **Saberes da Educação**, v. 1, n. 1, p. 01-12, 2010.

BEREZUK, P. A.; INADA, P. Avaliação dos laboratórios de ciências e biologia das escolas públicas e particulares de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 32, n. 2, p. 207-215, 2010. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/3073/307325336011.pdf>>. Acesso em: 23/07/2023.

BOMBONATO, L. G. G. **A importância do uso do laboratório nas aulas de ciências**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Monografia, Medianeira, 2011. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/22036/2/MD_ENSCIE_2011_1_07.pdf>. Acesso em: 23/07/2023.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRANDÃO, P. A. F.; CAVALCANTE, I. F. **Reflexões acerca do uso das novas tecnologias no processo de formação docente para a educação profissional**. Colóquio Nacional-A produção do conhecimento em Educação Profissional, 2015. Disponível em: <<https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/1257/REFLEX%C3%95ES%20ACERCA%20DO%20USO%20DAS%20NOVAS%20TECNOLOGIAS%20NO%20PROCESSO%20DE%20FORMA%C3%87%C3%83O%20DOCENTE%20PARA%20A%20EDUCA%C3%87%C3%83O%20PROFISSIONAL.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 03/07/2024.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

CAMERINI, E; SUMIYA, A; PAVESI, E. **O aprendizado de bioquímica por meio de metodologias ativas: um estudo transversal**. Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos. 2021. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/223925>>. Acesso em: 25/03/2025.

CAPRA, F. **A teia da vida**. Vol. 4. São Paulo: Cultrix, 1996.

CAREGNATO, S. E. Google Acadêmico como ferramenta para os estudos de citações: avaliação da precisão das buscas por autor. **Pontodeacesso**, v. 5, n. 3, p. 72-86, Salvador, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufba.br/index.php/revistaici/article/view/5682/4106>>. Acesso em: 15/04/2024.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensinar a ensinar: didática para a Escola Fundamental e Média**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002. p. 125-141.

COLL, C.; MAURI, T.; ONRUBIA, J. A incorporação das tecnologias de informação e comunicação na educação: do projeto técnico-pedagógico às práticas de uso. In: **Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação**, p. 66-93, 2010.

CRESWELL, J.W. **Projeto de Pesquisa: método qualitativo, quantitativo e misto**. 2 ed. Porto Alegre: Artimed, 2007.

CUNHA, A. C. S. **Pensamento Sistêmico e tecnologia educacional: a metodologia WEBQUEST**. Dissertação de Mestrado Profissional em Computação. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2006.

DALBERTO, B. T.; ALVES, M. S.; FERNANDES, M. M. APRENDIZAGEM NO ENSINO DE BIOQUÍMICA UTILIZANDO O APLICATIVO “BIOQUÍMICA RA” E A CARTILHA “BIOQUÍMICA NO COTIDIANO”. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 9, n. 1, 2023. Disponível em: <<http://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/774>>. Acesso em: 24/04/2025.

DELAMUTA, B. H. **Roteiro Instrucional para Professores de Ciências: uma proposta para o uso da WebQuest no Ensino de Química**. Dissertação (Mestrado) – Universidade estadual do Norte do Paraná. Cornélio Procópio - PR. 2017.

FERNANDES, A. M. M.; MARINHO, G. O.; BATISTA, M. D.; OLIVEIRA, G. F. O Construtivismo na Educação. ID on line. **Revista de psicologia**, v. 12, n. 40, p. 138-150, 2018. Disponível em: <<https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/1049/1514>>. Acesso em: 03/07/2024.

FRAZÃO, V. S. **Análise da Interdisciplinaridade de conteúdos produzidos em livros e artigos voltados ao ensino de bioquímica no ensino médio sob as orientações da BNCC, PCNs e RC**. 2024. 51f. Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura em Química) - Instituto Federal do Amapá, Macapá, AP, 2024. Disponível em: <<http://repositorio.ifap.edu.br/jspui/handle/prefix/1032>>. Acesso em: 25/03/2025.

GALEMBECK, E.; KUBO, R. T.; MACEDO, D. V.; TORRES, B. B. Oxygen consumption by isolated mitochondria: Software for planning and interpreting experiments. **Biochemical Education**, v. 26, n. 1, p. 41-43, 1998. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1016/S0307-4412%2898%2900016-8>>. Acesso em: 15/03/2024.

GAO, R.; LLOYD, J.; KIM, Y. A desirable combination for undergraduate chemistry laboratories: Face-to-Face teaching with computer-aided, modifiable program for grading and assessment. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 9, p. 3028-3032, 2020. Disponível em:

<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.jchemed.0c00634?casa_token=rUAvyWrWAZsAAAA:ABEUFV2IAKkUVCwAdoRHS8dTtzlxxA6ZMNVcj-Mwc5aGDrJ6yIH8R5nSn2Fk99Ow2gjQpbzGsPxYYCmM>. Acesso em: 24/04/2025.

GARCÊS, B. P.; SANTOS, K. O.; OLIVEIRA, C. A. Aprendizagem baseada em projetos no ensino de bioquímica metabólica. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 13, n. esp 1, p. 526, 2018. Disponível em: <<https://www.proquest.com/openview/ed54ef9252a435aa9726477ed905e620/1?pq-origsite=gscholar&cbl=4775926>>. Acesso em: 18/03/2024.

GARRIDO, E. **Sala de aula: espaço de construção do conhecimento para o aluno e de pesquisa e desenvolvimento profissional para o professor**. Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média. 2. ed. Tradução. São Paulo: Cengage Learning, 2018.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências: uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2008.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química nova na escola**, v. 10, n. 10, p. 43-49, 1999. Disponível em: <<https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/iienpec/Dados/trabalhos/A33.pdf>>. Acesso em: 13/03/2024.

GOMES, D. S. O uso da experimentação no ensino das aulas de Ciências e Biologia. **Revista Insignare Scientia**, v. 2, n. 3, p. 103-108, 2019.

GONÇALVES, F. P.; MARQUES, C. A. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.11, n.2, p.219-238, 2006.

GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de Licenciatura em Física da UNESP-Bauru. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, p. 251-256, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/jJHQ7HVfRvmygFnyCpTQxfj/>>. Acesso em: 12/03/2024.

GROSGOUEL, R. A estrutura do conhecimento nas universidades ocidentalizadas: racismo/sexismo epistêmico e os quatro genocídios/epistemicídios do longo século XVI. **Sociedade e Estado**, v. 31, p. 25-49, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/se/a/xpNFtGdzw4F3dpF6yZVVGgt>>. Acesso em: 12/03/2024.

HAMBURGER, E. W.; MATOS, C. **Desafio de ensinar Ciências no século XXI**. São Paulo: Estação Ciência; Brasília: CNPq, 2000.

HORNINK, G. G. ProtVirt: Simulação da dosagem de proteínas por espectrometria auxiliando as aulas práticas de Bioquímica. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 14, n. 1, p. 130-141, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Gabriel-Hornink/publication/304924187_protVirt_simulacao_da_dosagem_de_proteinas_por_espectrometria_auxiliando_as_aulas_praticas_de_Bioquimica/links/577e3d0b08aed39f59945e0c/protVirt-simulacao-da-dosagem-de-proteinas-por-espectrometria-auxiliando-as-aulas-praticas-de-Bioquimica.pdf>.

Acesso em: 26/07/2023.

HUANG, P. C. The integrative nature of biochemistry: challenges of biochemical education in the USA. **Biochemical Education**, v. 28, n. 2, p. 64-70, 2000. Disponível em:

<<https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1539-3429.2000.tb00021.x>>.

Acesso em: 15/04/2024.

INTERAMINENSE, B. K. S. A Importância das aulas práticas no ensino da Biologia: Uma Metodologia Interativa/The Importance of practical lessons in the teaching of Biology: An Interactive Methodology. ID on line. **Revista de psicologia**, v. 13, n. 45, p. 342-354, 2019.

KUHN, T.S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1998.

LAVOR, D. T. A experimentação na disciplina de Biologia: importância das aulas práticas no processo de ensino-aprendizagem da bioquímica. **Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 7-7, 2020. Disponível em: <<https://editoraime.com.br/revistas/rema/article/view/23>>. Acesso em: 24/04/2025.

LEITE, A. C. S.; SILVA, P. A. B.; VAZ, A. C. R. A importância das aulas práticas para alunos jovens e adultos: uma abordagem investigativa sobre a percepção dos alunos do PROEF II. **Ensaio pesquisa em educação em ciências**, v. 7, p. 166-181, Belo horizonte, 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/epec/a/Hs7FTPYSnNd7XmxwX7VbNyw/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 13/03/2024.

LOGUERCIO, R.; SOUZA, D.; DEL PINO, J. C. Mapeando a educação em bioquímica no Brasil. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 10, p. 147-155, 2007.

MACHADO, M. S.; RICARDO, J.; SUGAI, J. K.; FIGUEIREDO, M. S. R. B.; ANTÔNIO, R. V.; HEIDRICH, D. N.. **Bioquímica através da animação**. Florianópolis: UFSC, 2010.

MANGUEIRA, S. T. I. P. D. **Importância do ensino de bioquímica para formação dos profissionais dos cursos de ciências biológicas e da saúde**. 2015. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa,

2015. Disponível em:
<<http://www.ccen.ufpb.br/cccb/contents/monografias/2015/samoel-tharcisio-i-p-diniz-m-angueira.pdf>>. Acesso em: 13/03/2024.

MARIOTTI, H. **As paixões do ego: complexidade, política e solidariedade**. São Paulo: Palas Athena, 2000.

MASETTO, M. T.; BEHRENS, M. A.; MORAN, J. M. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. Campinas: Papirus, 2000.

MASTRELLA, M. R. **Inglês como língua estrangeira: entre o desejo do domínio e a luta contra a exclusão**. Tese (Doutorado em Letras e Linguística), Programa de Pós-graduação em Letras e Linguística, UFG, Goiânia. 2007.

MEGID NETO, J. **Tendências da pesquisa acadêmica sobre o ensino de ciências no nível fundamental**. 1999. 365 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

MONEREO, C. **Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e educação**. Porto Alegre: Artmed, 2010. Cap. 3. p. 66-93. Tradução: Naila Freitas.

MONTENEGRO, R. M. B.; MATOS, E. O. F.; LIMA, M. S. L. Desafios e possibilidades do trabalho docente em tempos de pandemia. **Ensino em Perspectivas**, v. 2, n. 3, p. 1-10, 2021. Disponível em:
<<https://revistas.uece.br/index.php/ensinoemperspectivas/article/view/6476/5499>>. Acesso em: 15/04/2024.

MOREIRA, J. A. F.; LIMA JÚNIOR, J. B.; ALMEIDA, I. G.; SENA, R. Y. J.; LOPES, Y. G. N.; CHAVES, D. C. **Construindo conhecimentos: a importância das aulas práticas de bioquímica através da percepção de discentes do ifce - campus acopiara**. Anais IX CONEDU. Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/100642>>. Acesso em: 24/04/2025.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2006.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. 2. ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2000.

MOTTA, V. T. **Bioquímica básica**. Medbook: Rio de Janeiro, Brasil, 2011. Disponível em: <<https://dokumen.tips/documents/bioquimica-basica-motta-2005pdf.html?page=1>>. Acesso em: 16/03/2024.

NANTES, E. A. S.; JUNIOR, A. L. G.; PINHO, E. D. C. S.; SIMM, J. F. S. Ferramentas Digit@is e Educação Básica: lacunas entre a teoria e a prática docente. **Revista de Ensino, educação e Ciências Humanas**, v. 17, n. 1, p. 53-65, 2016. Disponível em: <<https://revistaensinoeducacao.pgskroton.com.br/article/view/3457>>. Acesso em: 15/04/2024.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Artmed Editora, 2022. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_pt&id=HVSbEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=bioqu%C3%ADmica&ots=fVnujOLR8D&sig=BlyoKGgIJvu_rowPBzl74q5dL_0#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 26/07/2023.

NETO, E. B. O ensino híbrido: processo de ensino mediado por ferramentas tecnológicas. **Ponto-e-Vírgula**, n. 22, p. 59-72, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rk/a/xLqFn9kxxWfM5hHjHjxbC7D/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 22/07/2023.

OLIVEIRA, F. A. J. **Laboratório virtual como ferramenta estratégica na aplicação da Sequência Didática Interativa no ensino de Biologia com enfoque na obesidade**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/39334>>. Acesso em: 24/04/2025.

PARADIGMA. Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa Michaelis Online. Disponível em: <<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/paradigma>>. Acesso em: 15/03/2024.

PRIGOL, E. L.; BEHRENS, M. A.; TORRES, P. L. **RECURSIVIDADE E INTERCONEXÃO ENTRE O PARADIGMA DA COMPLEXIDADE E A TRANSDISCIPLINARIDADE VISUALIZADOS POR MEIO DE MAPAS CONCEITUAIS**. [s.l.], [s.d.]. Disponível em: <https://uece.br/eventos/spcp/anais/trabalhos_completos/247-22060-21032016-210259.pdf>. Acesso em: 03/07/2024.

RODRIGUES, S. B. V.; SILVA, D. C.; QUADROS, A. L. O ensino superior de Química: reflexões a partir de conceitos básicos para a Química Orgânica. **Química Nova**, v. 34, n. 10, São Paulo, 2011.

SÁ, R. G. B. **Um estudo sobre a evolução conceitual de respiração**. 2007. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007, 161f.

SALESSE, A. M. T. **A experimentação no ensino de química**: importância das aulas práticas no processo de ensino aprendizagem. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Monografia de especialização, Medianeira, 2012. Disponível em: <https://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/20783/2/MD_EDUMTE_II_2012_21.pdf>. Acesso em: 14/03/2024.

SANTOS, J. N. F.; SOUZA, P. A. S. Metodologias Ativas no Ensino de Bioquímica: Uma Revisão Integrativa. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 10, n. 1, p. 125-137, 2024. Disponível em: <<https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/5369/482485365>>. Acesso em: 25/03/2025.

SERVA, M. O paradigma da complexidade e a análise organizacional. **Revista de Administração de Empresas**, v. 32, p. 26-35, 1992. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rae/a/Fh3cSKhrMwGg5KjkfdRszkD/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 16/03/2024.

SILVA, I. M., LINS, W. C. B., & LEÃO, M. B. C. **Uma revisão sistemática sobre a aprendizagem baseada em problemas aplicada ao ensino de química**. Anais: II COINTER PDVL. (2015).

SILVEIRA, J. T.; DA ROCHA, J. B. T. Produção científica sobre estratégias didáticas utilizadas no ensino de Bioquímica: uma revisão sistemática. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 14, n. 3, p. 7-21, 2016. Disponível em: <<https://www.bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/630/565>>. Acesso em: 12/03/2024.

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

VARGAS, L. H. M. A bioquímica e a aprendizagem baseada em problemas. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 1, n. 1, p. 15-19, 2001. Disponível em: <<https://www.bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/5/4>>. Acesso em: 16/03/2024.

VASCONCELLOS, C. D. S. **Planejamento: plano de ensino-aprendizagem e projeto educativo**. 4.ed. São Paulo: Libertad, 1995.

VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência**. 9ª ed. São Paulo: Papirus Editora, 2012.

VIEIRA, L. Q.; NICOLI, J. R.; PRADO, V. F.; SANTORO, M. M.; TEIXEIRA, S. M. Abordagem prática para o ensino de Bioquímica. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v.

1, n. 1, p. 20-26, 2001. Disponível em: <<https://bioquimica.org.br/index.php/REB/article/view/6/5>>. Acesso em: 18/03/2024.

VIEIRA, M. F.; SILVA, C. M. S. A Educação no contexto da pandemia de COVID-19: uma revisão sistemática de literatura. **Revista brasileira de informática na educação**, v. 28, p. 1013-1031, 2020. Disponível em: <<http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/rbie/article/view/v28p1013/6750>>. Acesso em: 04/06/2024.

VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C. W. **Fundamentos de Bioquímica: A Vida em Nível Molecular**. Artmed Editora, 2014. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_pt&id=lia6AwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=bioqu%C3%ADmica&ots=PmuER8uPRj&sig=VjhyDT5lLKT8--lC1t4noWTcTRg#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 12/03/2024.

WEISSMANN, H. **Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões**. Tradução Beatriz Affonso Neves. Porto Alegre: Artmed, 1998.

WHITEHEAD, J. P.; PENCE, H. E. Using computers to teach biochemistry. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 30, n. 3, p. 206-207, 2002. Disponível em: <<https://iubmb.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/bmb.2002.494030030082>>. Acesso em: 15/03/2024.

XAVIER, D. O.; CARMO, F. M. A.; NETO, H. B.; BARBOSA, J. C. Reflexões sobre a Sala de Aula Ampliada e o Comodale: Polígono Fedathi em Ação. **EaD em Foco**, v. 14, n. 1, p. e2273-e2273, 2024. Disponível em: <<https://eademfoco.cecierj.edu.br/index.php/Revista/article/view/2273>>. Acesso em: 29/03/2025.