

## **APÊNDICE A - Produto Educacional**

LEONARDO MIRANDA RINO RAMOS

### **PRODUTO EDUCACIONAL**

### **UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE FÁRMACOS A PARTIR DO USO DE METODOLOGIAS ATIVAS**

Produto Educacional fruto da Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - PROFQUI da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Joacy Vicente Ferreira.

RECIFE

2025

## 1. APRESENTAÇÃO DO PRODUTO

O produto educacional apresentado consiste em uma sequência didática elaborada como proposta teórica, fundamentada nos pressupostos das metodologias ativas, com ênfase na Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). Sua estrutura segue o modelo dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), visando promover uma abordagem interdisciplinar, contextualizada e crítica no ensino de Química. Para tanto, adotou-se o tema gerador dos fármacos como ponto de partida para discutir as características estruturais e eletrônicas da matéria, favorecendo uma aprendizagem significativa e integrada.

A Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning – PBL) tem como objetivo central promover a construção do conhecimento por meio da resolução de problemas contextualizados. Mais do que a simples obtenção de respostas, o foco do método reside no processo de investigação, colaboração e reflexão crítica (SANTOS; CASTAMAN, 2022). No caso da sequência proposta, o problema desencadeador é: “Como a estrutura eletrônica dos fármacos influencia suas propriedades e aplicações?”, permitindo explorar, de forma integrada, conteúdos como ligações químicas e interações intermoleculares.

A sequência didática foi organizada com base na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MP), um referencial teórico-metodológico que propõe a organização das aulas em três etapas complementares e interligadas, segundo Angotti (2015):

- **Problematização Inicial:** Apresentação de situações reais do cotidiano dos estudantes, relacionadas ao tema de estudo. O professor atua como mediador, promovendo discussões em pequenos grupos e no coletivo, buscando evidenciar os limites do conhecimento prévio e despertar a necessidade de novos saberes para a compreensão do problema proposto.
- **Organização do Conhecimento:** Etapa em que os conteúdos científicos relevantes são sistematicamente explorados com mediação docente. São propostas atividades variadas, como leitura de textos, resolução de problemas, experimentos e

discussões conceituais, visando à apropriação de conhecimentos específicos e à formação crítica dos alunos.

- Aplicação do Conhecimento: Fase de retomada e reinterpretação da situação inicial, em que os alunos aplicam os conceitos aprendidos para analisar o problema, propor soluções e estabelecer generalizações. O objetivo final é promover a articulação entre o conhecimento científico e a realidade vivida, favorecendo uma compreensão mais ampla, significativa e emancipadora.

Assim, a sequência didática proposta visa contribuir com a prática docente ao oferecer uma alternativa metodológica que articula teoria e prática, promovendo o protagonismo estudantil e a contextualização dos conteúdos de Química a partir de temas socialmente relevantes.

A seguir, apresenta-se a descrição detalhada das etapas da sequência didática, contemplando as atividades propostas, objetivos específicos, metodologia adotada, recursos pedagógicos, formas de avaliação e produtos esperados. A proposta está centrada no tema gerador “Fármacos e características estruturais e eletrônicas da matéria” e foi elaborada para o componente curricular de Química, direcionada aos estudantes do 3º ano do Ensino Médio. O tempo estimado para sua aplicação varia de três a cinco aulas, podendo ser ajustado conforme o contexto escolar. Para fins exemplificativos, inclui-se um modelo de aplicação centrado no fármaco Penicilina, além de sugestões de ferramentas digitais que podem ser utilizadas na elaboração dos materiais didáticos.

## ETAPA 1 – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

Nesta primeira etapa, busca-se promover a mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o uso de medicamentos, bem como a compreensão da trajetória histórica e científica dos fármacos, estimulando a articulação entre saberes populares e científicos. Para isso, propõe-se a realização da atividade intitulada “Linha do tempo de um fármaco: da tradição ao conhecimento científico”, que consiste na elaboração, pelos estudantes, de uma linha do tempo visual apresentando os principais marcos históricos relacionados à descoberta e ao desenvolvimento de um fármaco. Essa atividade visa fomentar competências de pesquisa, análise crítica e síntese histórica, contribuindo para uma compreensão contextualizada do tema e para o desenvolvimento da autonomia intelectual dos alunos. Os marcos mínimos recomendados são apresentados previamente pelo professor (Figura 16), servindo como roteiro orientador para a construção das linhas do tempo. A duração prevista para essa atividade é de 1 a 2 aulas de 50 minutos, podendo ser adaptada conforme o ritmo da turma e os recursos disponíveis. Quanto ao formato, os estudantes poderão optar por diferentes suportes, como cartazes físicos (papel craft, cartolina), apresentações digitais (utilizando ferramentas como PowerPoint, Canva ou Google Apresentações), ou ainda por plataformas digitais específicas para a criação de linhas do tempo, como a Preceden. Essa diversidade de formatos visa atender aos diferentes estilos de aprendizagem e ampliar as possibilidades de expressão e criatividade dos estudantes, promovendo, desde o início da sequência didática, o engajamento ativo com o conteúdo.

**Figura 16** - Marcos históricos do desenvolvimento de um fármaco.

Marcos históricos do desenvolvimento de um fármaco	
Categoria	Descrição Esperada
Origem empírica ou tradicional	Uso de plantas, práticas culturais ou saberes populares.
Primeiros registros documentados	Textos médicos antigos, alquimia, medicina greco-árabe.
Descobertas químicas associadas	Isolamento do princípio ativo, fórmula molecular.
Aplicações modernas	Terapias atuais, síntese laboratorial, IA na modelagem.
Curiosidades e polêmicas	Retirada do mercado, descobertas acidentais, usos indevidos.

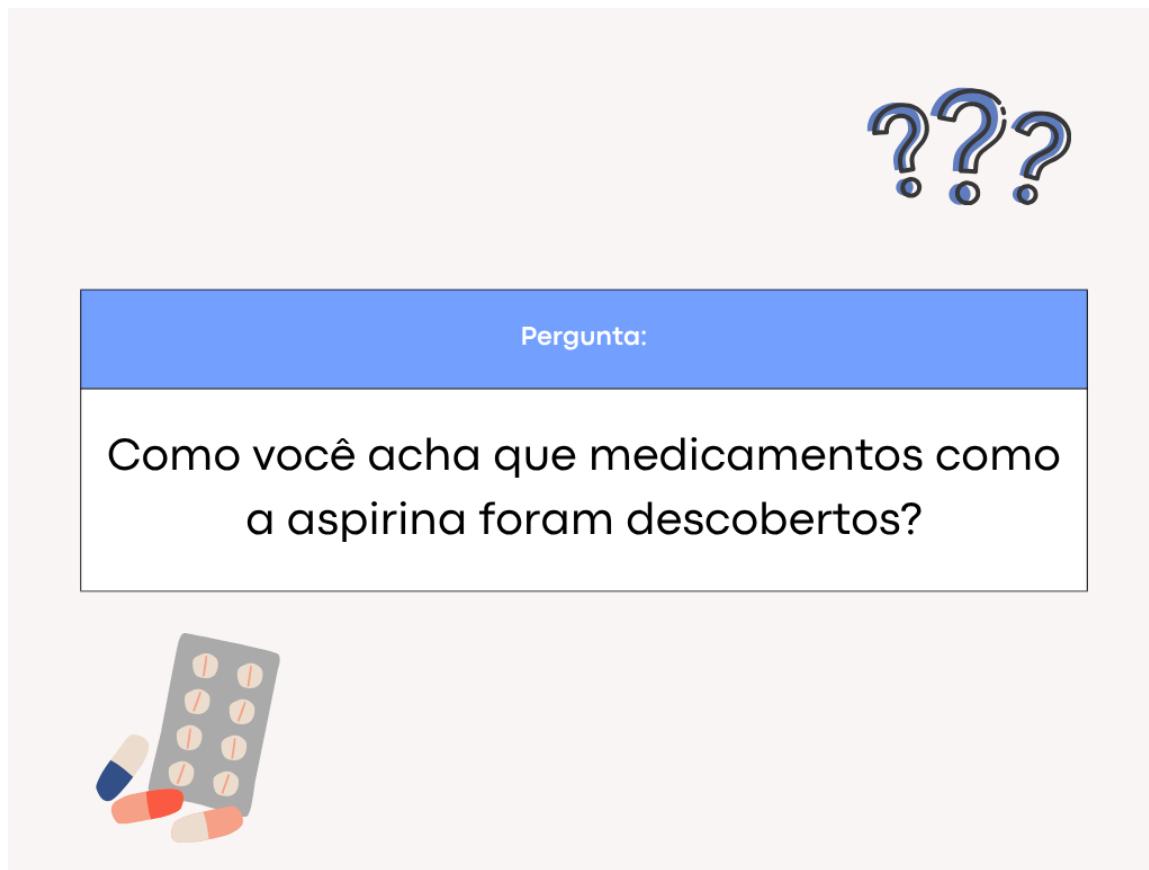
Fonte: O autor (2025)

#### Metodologia:

A metodologia adotada para esta etapa inicial valoriza a escuta ativa dos estudantes e a construção coletiva do conhecimento, partindo de seus saberes prévios. A aula se inicia com uma roda de conversa, com duração aproximada de 25 minutos, conduzida a partir da pergunta disparadora: “Como você acha que medicamentos como a aspirina foram descobertos?” (Figura 17). Essa estratégia tem como objetivo instigar a curiosidade e criar um ambiente de troca de ideias, no qual os alunos se sintam encorajados a compartilhar experiências e hipóteses. A partir desse diálogo, é realizado um levantamento coletivo de fármacos conhecidos pelos estudantes, bem como de suas possíveis origens — sejam elas científicas, populares ou históricas. Essa etapa inicial tem

função diagnóstica e motivadora, permitindo ao professor identificar concepções prévias e direcionar, de forma mais significativa, os próximos momentos da sequência didática.

**Figura 17** - Pergunta disparadora: Como você acha que medicamentos como a aspirina foram descobertos?



Fonte: O autor (2025)

Na sequência da aula, propõe-se uma apresentação dialogada, com duração aproximada de 25 minutos, centrada na exibição de uma linha do tempo previamente construída sobre a Penicilina (conforme ilustrado na Figura 18 e detalhado na Figura 19). Essa etapa tem como objetivo ampliar a compreensão dos estudantes a respeito do desenvolvimento histórico e científico de um fármaco específico, oferecendo um modelo concreto que servirá de referência para a atividade de construção das próprias linhas do tempo. Durante a apresentação, o professor conduz uma discussão orientada sobre os

principais marcos históricos e os avanços tecnológicos associados à descoberta, isolamento, produção em larga escala e aplicação clínica da Penicilina. A proposta visa não apenas à transmissão de informações, mas à construção coletiva do conhecimento, com espaço para que os estudantes façam perguntas, levantem hipóteses e estabeleçam relações com o que foi discutido na roda de conversa inicial. Ao apresentar um exemplo real e documentado, espera-se fomentar o pensamento crítico e fornecer subsídios para o desenvolvimento autônomo da atividade prática que se seguirá.

**Figura 18** – Linha do tempo do fármaco Penicilina.



Fonte: O autor. Criado no Canva (2025).

**Figura 19** - Marcos históricos do desenvolvimento do fármaco Penicilina.

### Marcos históricos do desenvolvimento do fármaco Penicilina

Período	Marco	Descrição
Antiguidade	Uso empírico	Culturas antigas, como a egípcia e a grega, faziam uso de fungos ou mofo no tratamento de feridas e infecções, ainda que de forma empírica, sem o conhecimento das substâncias ativas envolvidas (DAVIES; DAVIES, 2010)
1867–1871	Primeiras observações científicas	Joseph Lister e John Scott Burdon-Sanderson observaram que o mofo impedia o crescimento de microrganismos, levantando hipóteses sobre suas propriedades antimicrobianas (GAUDELLI et al., 2022).
1928	Descoberta por Fleming	Alexander Fleming identificou, em seu laboratório, que o fungo <i>Penicillium notatum</i> inibia o crescimento de bactérias como <i>Staphylococcus aureus</i> . Este achado é considerado um marco na descoberta dos antibióticos (FLEMING, 1929).
1939–1941	Isolamento e testes clínicos	A equipe de Howard Florey e Ernst Chain conseguiu isolar, purificar e aplicar a penicilina em testes clínicos, demonstrando sua eficácia no tratamento de infecções bacterianas (AMERICANO DO BRASIL et al., 2020).
1942–1945	Produção em larga escala	Durante a Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento de métodos de fermentação em larga escala possibilitou a produção industrial da penicilina, consolidando sua importância terapêutica global (MAREK; DALLAGO, 2023).
2025	Uso contemporâneo – Benzetacil (penicilina benzatina)	Desde meados do século XX até os dias atuais, a penicilina benzatina permanece como uma importante forma terapêutica de penicilina G de ação prolongada, administrada via injeção intramuscular. É amplamente utilizada no tratamento de sifilis, faringites estreptocócicas e na profilaxia da febre reumática. Sua eficácia, baixo custo e inclusão nas políticas públicas de saúde (por exemplo, no SUS) reforçam seu valor no contexto clínico moderno (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015).

Fonte: O autor. Criado no Canva (2025).

Na segunda aula desta etapa, os estudantes participam de uma atividade prática com duração de 50 minutos, que dá continuidade ao trabalho iniciado anteriormente. Em duplas ou trios, os alunos deverão escolher um fármaco específico para ser investigado, preferencialmente relacionado ao seu cotidiano ou de relevância social. A partir da escolha, inicia-se o processo de pesquisa orientada, no qual os estudantes deverão identificar os principais marcos históricos e científicos do fármaco selecionado, conforme demonstrado na aula anterior, por meio do exemplo da Penicilina. Esses marcos devem contemplar desde o uso tradicional até os avanços científicos e tecnológicos envolvidos em sua descoberta, produção e aplicação. Com base nessas informações, será iniciado o processo de produção da linha do tempo, que poderá ser elaborada em diferentes formatos, como cartaz físico, apresentação de slides (PowerPoint, Canva ou Google Apresentações) ou ainda por meio de plataformas digitais específicas, como a Preceden. Essa atividade permite que os estudantes consolidem os conhecimentos discutidos, desenvolvam habilidades de pesquisa e síntese, além de exercitarem a criatividade e a autonomia na produção do material final.

#### Avaliação:

A avaliação desta etapa será realizada de forma formativa e contínua, acompanhando o engajamento e o desenvolvimento dos estudantes ao longo das atividades propostas. Serão considerados, entre os principais critérios avaliativos, a participação ativa nas discussões iniciais, especialmente na roda de conversa e nas reflexões sobre a origem e a evolução dos medicamentos; a coerência histórica e científica das informações incluídas na linha do tempo, observando a capacidade dos estudantes de identificar e organizar os marcos relevantes com base em fontes confiáveis; a clareza e a criatividade na apresentação visual do material produzido, valorizando tanto a organização das ideias quanto a qualidade estética da produção; e, por fim, a pertinência do fármaco escolhido em relação ao tema central da sequência didática, considerando sua relevância social, científica ou cultural. Esses critérios visam não apenas mensurar o desempenho dos estudantes, mas também orientar o processo de ensino-aprendizagem de modo a favorecer a reflexão crítica, a autonomia e a construção significativa do conhecimento.

### Produto esperado:

Ao final desta etapa, espera-se como produto final a elaboração de uma linha do tempo, que poderá ser apresentada em formato físico (como cartaz) ou digital (utilizando ferramentas como apresentações de slides ou plataformas específicas). Esse material deve representar, de forma clara, criativa e cronologicamente organizada, os principais marcos históricos e científicos do fármaco escolhido pelo grupo. Além da linha do tempo, os estudantes deverão produzir um texto breve explicativo, no qual devem justificar a escolha do fármaco investigado e sintetizar os principais aprendizados adquiridos durante a realização da atividade. Esse texto contribui para o desenvolvimento da argumentação escrita e da capacidade reflexiva, ao mesmo tempo em que permite ao professor avaliar a apropriação crítica dos conteúdos explorados na etapa.

### Considerações:

A construção da linha do tempo, ainda que apresentada de forma hipotética neste trabalho, evidencia o potencial da integração entre ciência, cultura e tecnologia para promover um aprendizado ativo, contextualizado e interdisciplinar. Esse recurso didático se mostra especialmente eficaz como estratégia de problematização inicial, por permitir a ativação dos conhecimentos prévios dos estudantes e, ao mesmo tempo, estabelecer conexões significativas com os conteúdos estruturantes da Química, como as propriedades dos fármacos e sua evolução histórica. Ao situar o conhecimento científico em um contexto social e culturalmente relevante, a atividade contribui para uma abordagem crítica e significativa da ciência na escola.

Enquanto primeira etapa de uma sequência didática mais ampla, essa proposta abre caminho para o aprofundamento em temas específicos, como estrutura molecular, propriedades eletrônicas e modelagem computacional de fármacos, os quais serão desenvolvidos nas etapas seguintes. Assim, além de promover o engajamento inicial dos estudantes, esta atividade inaugura um percurso pedagógico que valoriza a construção coletiva do conhecimento, o pensamento científico e a articulação entre teoria e prática no ensino de Química.

## ETAPA 2 – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO: LEITURA ESTRUTURAL E ELETRÔNICA DE FÁRMACOS NO PORTAL *INSILICO LAB*

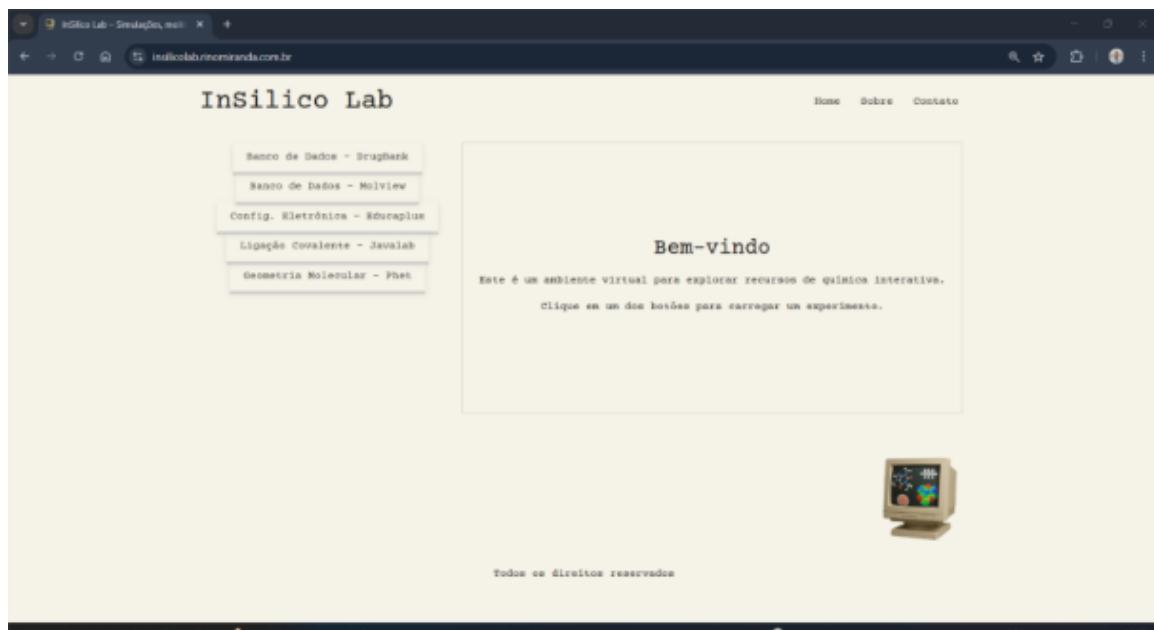
Na etapa anterior, reconstruímos uma linha do tempo que teve início na Antiguidade, com registros de culturas como a egípcia e a grega utilizando fungos ou mofo de maneira empírica no tratamento de infecções. Esse percurso histórico culmina no século XX com a consolidação da penicilina como agente terapêutico, destacando-se sua evolução até a formulação da penicilina benzatina — o popular Benzetacil —, cuja ação prolongada e administração intramuscular a tornam um recurso valioso na prática clínica contemporânea. Atualmente, o Benzetacil é amplamente utilizado no tratamento da sífilis, faringites estreptocócicas e na profilaxia da febre reumática, sendo reconhecido por sua eficácia, baixo custo e presença consolidada nas políticas públicas de saúde, como no Sistema Único de Saúde (SUS).

Após as investigações realizadas na primeira etapa, damos início a uma nova fase da proposta pedagógica: a análise química e estrutural da substância investigada. O aprofundamento agora proposto parte diretamente dos dados e relações estabelecidos anteriormente, especialmente a identificação do Benzetacil como uma forma terapêutica da penicilina G. Essa análise tem como objetivo principal compreender o modo de ação da molécula no organismo, assim como reconhecer as características estruturais e eletrônicas que conferem à substância suas propriedades farmacológicas.

Para tornar essa investigação acessível e visual, utilizaremos ferramentas digitais disponíveis no Portal *InSilico Lab*, uma plataforma digital criada por nós como parte desta pesquisa. O portal foi desenvolvido com o uso do WordPress, um sistema de gerenciamento de conteúdo (CMS) gratuito e de código aberto, amplamente utilizado para a criação de sites, blogs e plataformas educacionais. O WordPress se destaca por sua interface intuitiva, variedade de temas e plugins, e pela facilidade de uso mesmo por pessoas que não possuem conhecimentos avançados em programação — como é o nosso caso. A criação do *InSilico Lab* foi viabilizada a partir de pesquisas autônomas na internet e do uso de recursos gratuitos, o que demonstra que, com empenho e planejamento, é possível desenvolver ferramentas digitais educacionais funcionais e atrativas, mesmo com infraestrutura limitada.

O Portal *InSilico Lab* (Figura 20) foi concebido com o objetivo de atender às demandas dos estudantes contemporâneos, imersos na cultura digital e acostumados a interagir com recursos tecnológicos em seu cotidiano. Trata-se de um ambiente virtual simples e funcional, que reúne links para diferentes plataformas que oferecem simulações computacionais online, acessíveis diretamente pelo navegador, sem necessidade de instalação de softwares ou uso de equipamentos sofisticados. O intuito do *InSilico Lab* não é substituir o conteúdo desses sites, mas indicar caminhos, organizar o acesso e democratizar o uso dessas ferramentas, tornando-as mais visíveis e acessíveis aos estudantes da educação básica. Ao centralizar os recursos e contextualizá-los dentro de uma proposta pedagógica, o portal busca incentivar o uso autônomo, investigativo e crítico das tecnologias digitais, contribuindo para a formação científica e tecnológica dos alunos e para o desenvolvimento de práticas educativas mais conectadas com a realidade da escola e da sociedade atual.

**Figura 20** – Interface inicial do portal *InSilico Lab* em desktop.



Fonte: O autor. Captura de tela do site <https://insilicolab.rinomiranda.com.br/> (2025).

Todo o procedimento de análise molecular será descrito de forma detalhada e didática, com o objetivo de garantir a compreensão por parte dos estudantes e possibilitar a reprodução da atividade em diferentes contextos escolares. A primeira etapa desta fase

consiste na identificação do princípio ativo do fármaco, utilizando como principal fonte o *DrugBank*, um banco de dados online amplamente reconhecido por reunir informações químicas, farmacológicas e clínicas sobre medicamentos. O acesso ao *DrugBank* poderá ser feito diretamente por meio de links disponíveis no próprio Portal *InSilico Lab* (conforme ilustrado na Figura 21), facilitando o direcionamento dos estudantes e a integração entre os conteúdos teóricos e as ferramentas digitais propostas.

**Figura 21** – Banco de dados *DrugBank* disponível no portal *InSilico Lab*.

The screenshot shows the homepage of the InSilico Lab website. On the left, there is a sidebar with several links: 'Banco de Dados - DrugBank' (highlighted in blue), 'Banco de Dados - Molview', 'Config. Eletrônica - Educaplus', 'Ligação Covalente - Javalab', and 'Geometria Molecular - Phat'. The main content area features the DRUGBANK logo and a brief description of what it is. Below the description is a 'Começar' button. To the right of the text, there is a small image of a computer monitor displaying molecular structures. At the bottom of the page, there is a copyright notice: 'Todos os direitos reservados'.

**InSilico Lab**

Banco de Dados - DrugBank

Banco de Dados - Molview

Config. Eletrônica - Educaplus

Ligação Covalente - Javalab

Geometria Molecular - Phat

Home Sobre Contato

**DRUGBANK**

O DrugBank é um banco de dados online gratuito que reúne informações detalhadas sobre medicamentos e seus alvos biológicos. Ele combina dados químicos, farmacológicos e farmacêuticos com informações sobre proteínas e vias relacionadas a cada fármaco.

Trata-se de uma ferramenta amplamente utilizada por pesquisadores, profissionais da saúde, professores e estudantes. Com ela, é possível descobrir, por exemplo, qual é o princípio ativo de um medicamento conhecido pelo nome comercial e obter sua estrutura molecular para análise computacional.

O DrugBank é mantido por pesquisadores da Universidade de Alberta (Canadá) e é referência mundial em medicina orientada por dados. Para usos acadêmicos, o acesso é livre e pode ser utilizado com fins educacionais.

Dica: ao pesquisar no DrugBank, utilize o nome comercial do medicamento ou seu princípio ativo para localizar as informações moleculares necessárias.

Todos os direitos reservados

Fonte: O autor. Captura de tela do site <https://insilicolab.rinomiranda.com.br/> (2025).

Ao acessar o *DrugBank*, o estudante deve digitar o termo “penicillin G benzathine” na barra de busca da plataforma e selecionar a página correspondente ao medicamento em questão. Nessa página (Figura 22), encontram-se dados essenciais sobre a estrutura molecular da substância, incluindo informações sobre seu mecanismo de ação, interações medicamentosas, usos terapêuticos e outras propriedades relevantes para a análise proposta nesta etapa. Esses dados servirão de base para o aprofundamento dos conceitos de estrutura eletrônica e relação entre composição molecular e atividade farmacológica, permitindo uma articulação entre o conhecimento químico e sua aplicação real no campo da saúde.

**Figura 22** – Banco de dados *DrugBank* com dados da Benzilpenicilina.

The screenshot shows the DrugBank website interface. On the left, there's a sidebar with navigation links like 'Identificação', 'Farmacologia', 'Interações', etc. The main content area has tabs for 'Estrutura' (Chemical Structure) and 'Descrição' (Description). The description states: 'Um antibiótico penicilina usado para tratar uma grande variedade de infecções no corpo.' Below this are sections for 'Aprovado nos EUA' (Approved in USA) with a 'SIM' button, 'Outros Aprovados' (Other Approved) with a 'SIM' button, 'Patentes' (Patents) with a value of 0, and 'Condições indicadas' (Indications) with a value of 23. There are also sections for 'Oncologia clínica' (Clinical Oncology) and 'Categorias terapêuticas' (Therapeutic Categories) which include 'Agentes antibacterianos', 'Penicilinas Naturais', and 'Penicilinas'. At the bottom, there's a 'IDENTIFICAÇÃO' (Identification) section.

Fonte: DrugBank. *DrugBank* Online. Disponível em: <https://go.drugbank.com/>. Acesso em: 4 jan. 2025.

Na página do fármaco no *DrugBank*, encontram-se diversas seções com informações organizadas e detalhadas. Entre elas, destacam-se: *Identification* (Identificação), *Pharmacology* (Farmacologia), *Targets* (Alvos), *Chemical Identifiers* (Identificadores Químicos), entre outras. Para fins da nossa análise inicial, o maior interesse recai sobre a seção *Pharmacology*, que reúne dados relacionados aos efeitos da substância no organismo. Nessa seção, destaca-se a descrição do *mechanism of action* —

ou mecanismo de ação —, que explica como a penicilina benzatina exerce sua função terapêutica. De acordo com o *DrugBank*, essa substância atua inibindo a etapa final da síntese da parede celular bacteriana, o que impede a formação da estrutura essencial à sobrevivência do microrganismo. Como consequência, ocorre a lise (ruptura) da célula bacteriana, levando à sua morte.

Essa informação é fundamental para compreender o papel do princípio ativo na ação antimicrobiana do Benzetacil e será aprofundada nas próximas etapas da proposta pedagógica.

Ainda na página do fármaco, é possível acessar o código *SMILES* (*Simplified Molecular Input Line Entry System*), que representa a estrutura da molécula por meio de uma sequência padronizada de caracteres. Esse código descreve, de forma linear, a organização dos átomos e das ligações químicas da substância, sendo amplamente utilizado em ferramentas de modelagem molecular. Na etapa seguinte, esse código será inserido em simuladores disponíveis no Portal *InSilico Lab*, como o *MolView*, com o objetivo de gerar a visualização tridimensional da molécula. Essa representação permitirá uma análise mais aprofundada da estrutura da penicilina benzatina, possibilitando observar aspectos como geometria molecular, presença de grupos funcionais e outras características relevantes para a compreensão de sua ação farmacológica.

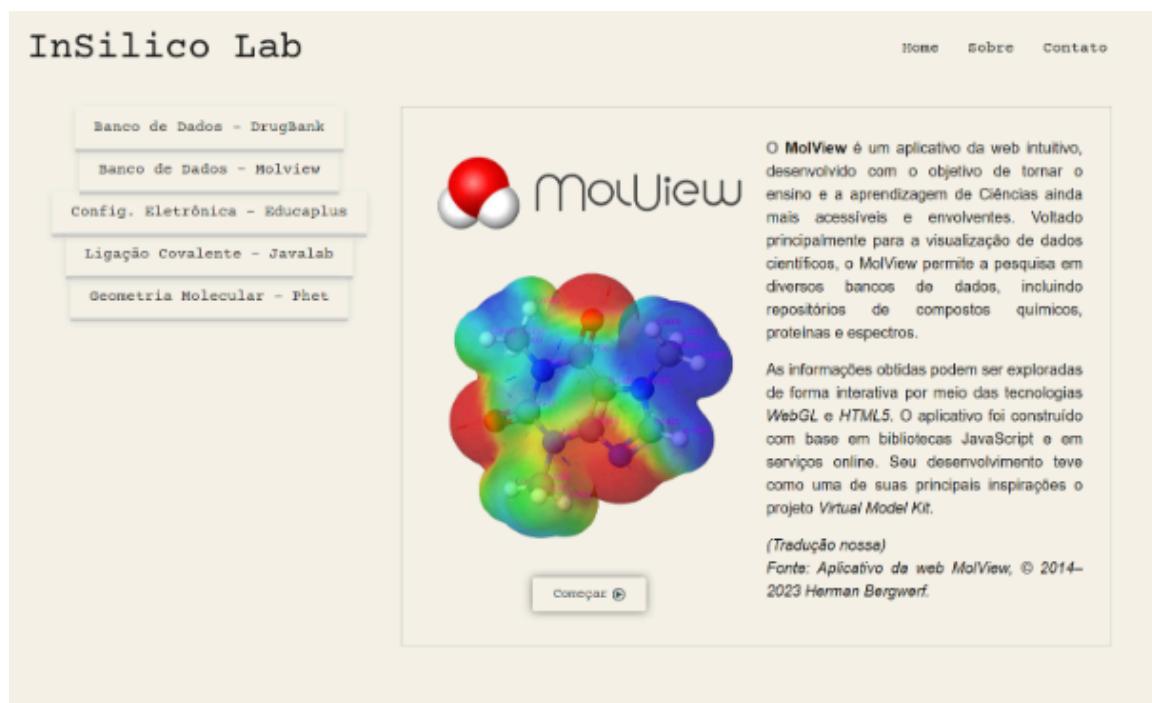
Com o código *SMILES* em mãos (Figura 23), acessamos o *MolView*, uma ferramenta integrada ao Portal *InSilico Lab* (Figura 24). O *MolView* é uma plataforma online gratuita que permite a visualização de moléculas em 2D e 3D, além de oferecer recursos úteis para análises básicas, como a identificação de grupos funcionais, cálculo de propriedades moleculares e visualização de orbitais eletrônicos, contribuindo para uma experiência investigativa mais rica e acessível aos estudantes.

**Figura 23** - Código *Smiles* da Benzilpenicilina obtido no banco de dados *DrugBank*.



Fonte: DrugBank. *DrugBank* Online. Disponível em: <https://go.drugbank.com/>. Acesso em: 4 jan. 2025.

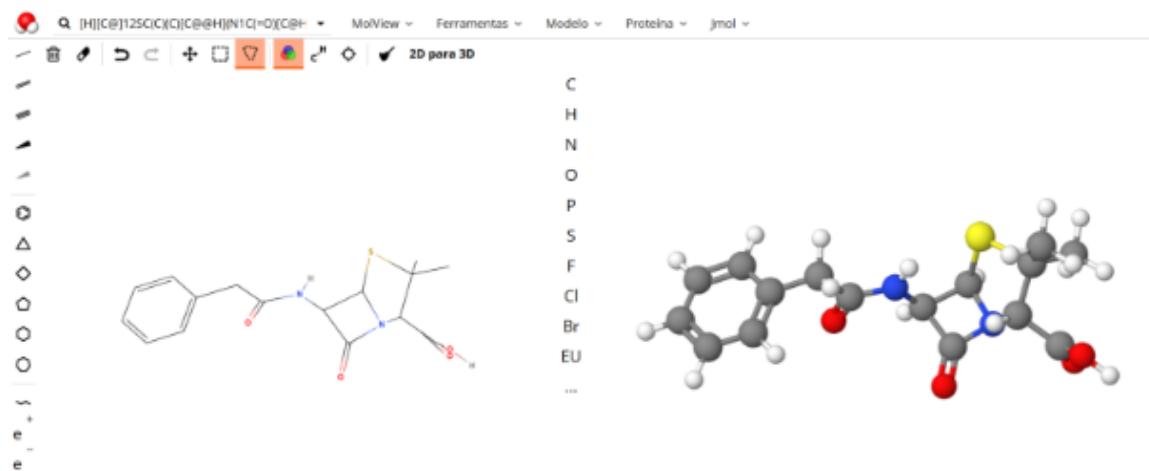
**Figura 24** - Link de acesso ao simulador *MolView* disponível no portal *InSilico Lab*.



Fonte: O autor. Captura de tela do site <https://insilicolab.rinomiranda.com.br/> (2025).

Ao inserir o código *SMILES* da penicilina benzatina na barra de buscas do *MolView*, obtemos sua estrutura tridimensional completa (Figura 25), com todos os átomos e ligações químicas representados de forma interativa e manipulável. Essa visualização molecular em 3D é fundamental para compreender a organização espacial da molécula, permitindo observar aspectos como a geometria dos orbitais, a disposição dos grupos funcionais e a flexibilidade conformacional da estrutura. Esses elementos são cruciais para a análise das possíveis interações da substância com alvos biológicos específicos, como enzimas ou proteínas da parede celular bacteriana, aprofundando nossa investigação sobre a relação entre estrutura e função no contexto farmacológico. Além disso, a manipulação interativa da molécula favorece o desenvolvimento do raciocínio espacial e da capacidade de abstração dos estudantes, contribuindo para uma aprendizagem dos conceitos de estrutura eletrônica, ligação química e propriedades intermoleculares.

**Figura 25** – Estrutura molecular da penicilina benzatina obtida no simulador *MolView*.



Fonte: MOLVIEW. *MolView – Molecular editor and viewer*. Disponível em: <https://molview.org/>. Acesso em: 4 jan. 2025.

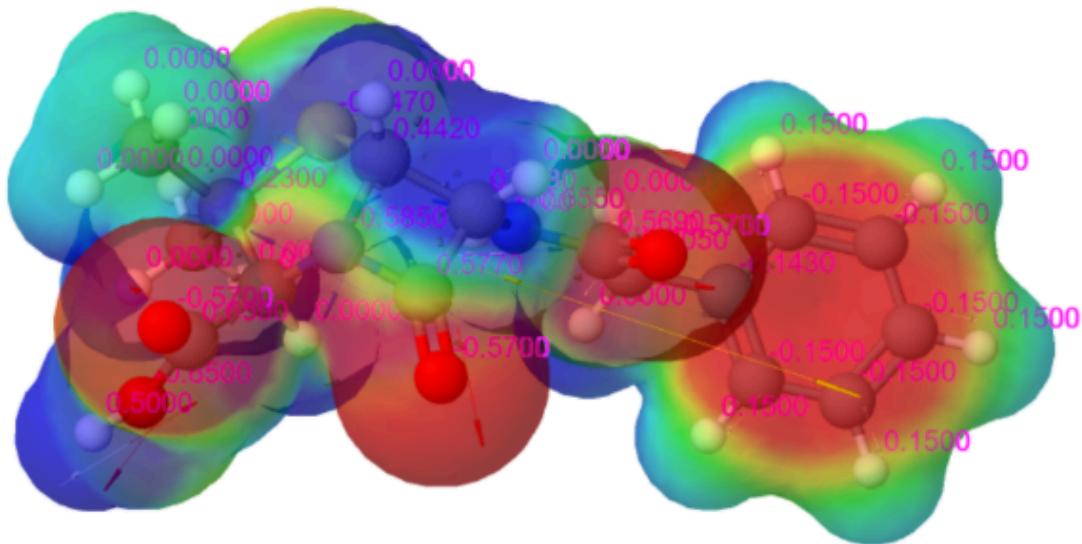
A partir da análise visual da molécula no *MolView*, os estudantes são convidados a realizar uma exploração investigativa das características estruturais e eletrônicas da penicilina benzatina. Nesta etapa, não se indicam diretamente quais grupos funcionais estão associados à sua ação farmacológica. Em vez disso, busca-se promover a observação ativa e o levantamento de hipóteses, incentivando os alunos a identificar propriedades que possam influenciar a reatividade química e a interação com alvos biológicos.

Para apoiar esse processo investigativo, o *MolView* oferece diversos recursos didáticos interativos. No menu “Tools”, é possível exportar imagens da estrutura molecular e copiar o código *SMILES*, facilitando o registro das observações. Já no menu “Model”, os estudantes podem alternar entre diferentes representações tridimensionais, como modelos de bastões ou esferas de van der Waals, que evidenciam distintos aspectos da geometria molecular. O menu “Protein” permite alterar o fundo da visualização, destacando regiões específicas da molécula e simulando ambientes similares aos utilizados em modelagens proteicas.

O principal destaque, porém, está no menu “Jmol”, que reúne ferramentas computacionais bastante informativas. Um dos recursos centrais é a geração do mapa de

potencial eletrostático (MEP) (Figura 26), que indica regiões com maior ou menor densidade eletrônica — ou seja, áreas com predominância de carga negativa ou positiva. Esse menu também permite visualizar cargas parciais nos átomos, vetores de dipolo de ligações, o dipolo total da molécula, além de realizar otimizações de energia e medições geométricas, como distâncias, ângulos e torções.

**Figura 26** - Visualização da superfície de potencial eletrostático penicilina benzatina obtida no simulador *MolView*.



Fonte: MOLVIEW. *MolView – Molecular editor and viewer*. Disponível em: <https://molview.org/>. Acesso em: 4 jan. 2025.

Esses dados viabilizam uma análise aprofundada da estrutura molecular, permitindo que os estudantes formulem hipóteses sobre quais regiões da penicilina benzatina são mais propensas a interações químicas. A partir da observação de padrões de densidade de carga, por exemplo, é possível identificar áreas estruturalmente reativas, mesmo sem o conhecimento prévio de grupos funcionais específicos. Essa abordagem

favorece a descoberta ativa de estruturas-chave, como o anel  $\beta$ -lactâmico, fundamental para a atividade farmacológica da penicilina. Com o apoio dos recursos oferecidos pelo *MolView*, os estudantes têm a oportunidade de perceber, por conta própria, que essa região da molécula apresenta características que a tornam altamente reativa — como tensões angulares significativas e elevada densidade eletrônica local.

Posteriormente, ao confrontarem suas observações com fontes confiáveis, como o *DrugBank* — em especial a seção que detalha o mecanismo de ação da penicilina benzatina — os alunos podem validar suas hipóteses e reconhecer que essa mesma região é o alvo de enzimas bacterianas, como as  $\beta$ -lactamasas. Assim, a identificação do anel  $\beta$ -lactâmico não é apresentada como um dado pronto, mas emerge de um processo investigativo ativo.

O Portal *InSilico Lab* disponibiliza diversas ferramentas digitais que enriquecem o processo investigativo no estudo de fármacos, integrando conhecimentos das áreas de química, biologia e farmacologia. A seguir, são apresentadas as principais ferramentas utilizadas, suas funções e aplicações no contexto da investigação científica:

*DrugBank* é um banco de dados abrangente de fármacos que permite identificar o princípio ativo, o mecanismo de ação, a estrutura molecular (por meio de códigos *SMILES* ou *MOL*), além dos alvos biológicos e dos mecanismos de resistência bacteriana relacionados ao medicamento em estudo. Essa ferramenta é essencial para validar hipóteses e aprofundar o entendimento farmacológico dos compostos.

*MolView* oferece recursos avançados de visualização e análise molecular. Permite inserir estruturas moleculares, visualizá-las em representações 2D e 3D, calcular superfícies de potencial eletrostático, cargas parciais, ângulos e distâncias entre átomos, além de analisar orbitais moleculares HOMO e LUMO. Com esses recursos, os estudantes podem interpretar regiões da molécula mais reativas e compreender sua dinâmica eletrônica.

*EducaPlus* é um simulador voltado para a exploração da estrutura eletrônica dos elementos presentes nas moléculas, como carbono, oxigênio, nitrogênio e enxofre. A ferramenta reforça conceitos fundamentais de configuração eletrônica e organização das

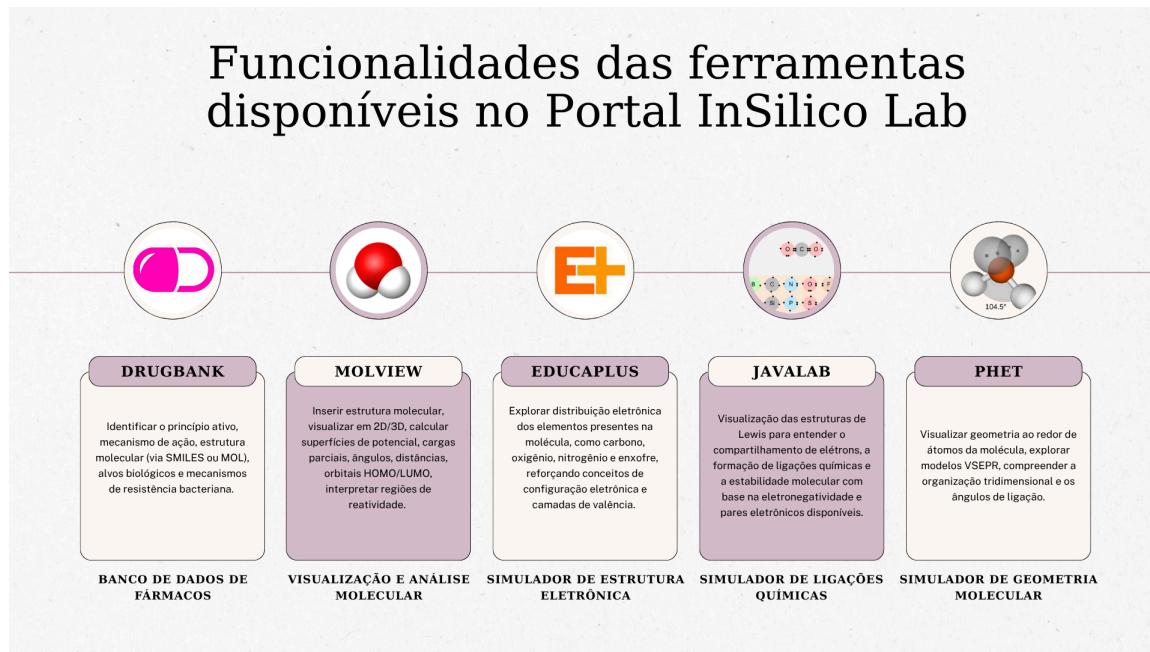
camadas de valência, facilitando a compreensão da distribuição eletrônica envolvida na formação das ligações químicas.

JavaLab é um simulador dedicado às ligações químicas, permitindo a visualização das estruturas de Lewis e o compartilhamento de pares de elétrons. Com essa ferramenta, os estudantes observam como os átomos se conectam para formar moléculas estáveis, relacionando o tipo de ligação com a disponibilidade de pares eletrônicos, a eletronegatividade dos elementos e a estrutura final da substância.

Por fim, o PhET oferece um simulador de geometria molecular baseado no modelo VSEPR. Essa ferramenta permite visualizar a organização tridimensional dos átomos em uma molécula, explorar os ângulos de ligação e compreender como a geometria molecular influencia propriedades físicas e químicas dos compostos.

A Figura 27 resume as funcionalidades de cada dessas ferramentas, bem como as possibilidades de uso pelos estudantes durante a investigação. Essas ferramentas, ao serem integradas ao processo de análise, ampliam significativamente a compreensão dos fármacos, permitindo que estudantes e professores explorem muito além da fórmula química.

**Figura 27** - Funcionalidades das ferramentas disponíveis no Portal *InSilico Lab*.



Fonte: O autor (2025)

Com o apoio das ferramentas disponíveis no portal *InSilico Lab*, torna-se possível compreender de forma aprofundada as funcionalidades moleculares do medicamento, assim como os fundamentos que explicam seu mecanismo de ação. Além disso, as ferramentas permitem explorar questões clínicas relevantes, como o surgimento e desenvolvimento da resistência bacteriana, um desafio constante no uso de antibióticos. Ao integrar essas ferramentas e bases de dados em um único ambiente digital, o *InSilico Lab* busca oferecer uma experiência investigativa rica, acessível e interativa, que promova a conexão integrada entre os conhecimentos das áreas de química, biologia e farmacologia.

Essa abordagem interdisciplinar não apenas reforça o aprendizado conceitual, como também estimula o desenvolvimento da autonomia científica dos estudantes. Por meio do uso ativo das plataformas digitais, eles aprimoram o raciocínio crítico e a capacidade de interpretar dados reais, habilidades essenciais para a formação de profissionais preparados para enfrentar desafios complexos. Dessa forma, o portal

*InSilico Lab* se alinha a uma proposta pedagógica ativa e contextualizada, que valoriza a investigação, a reflexão e a construção do conhecimento em contextos contemporâneos.

### ETAPA 3 – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO: PROPOSTA DE INTERVENÇÃO OU COMUNICAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE O USO DE FÁRMACOS

Objetivo:

Nesta terceira e última etapa da sequência didática, tem-se como objetivo central a investigação e mobilização dos conhecimentos construídos nas etapas anteriores, de modo a aprofundar o pensamento crítico, criativo e interventivo dos estudantes frente a questões científicas e sociais relacionadas ao uso de fármacos. Para isso, os discentes serão organizados em grupos e convidados a selecionar uma dentre diferentes propostas de atividade, todas concebidas para consolidar e aplicar os saberes desenvolvidos ao longo do percurso formativo, favorecendo a articulação entre teoria, prática e realidade social.

Entre as possibilidades de escolha, destaca-se a criação de materiais educativos — como vídeos, cartazes ou podcasts — voltados à promoção do uso racional de medicamentos, com o propósito de informar e sensibilizar a comunidade escolar. Outra proposta consiste na simulação de uma campanha de saúde, abordando temas como a automedicação e a desinformação científica, problemáticas diretamente ligadas à saúde pública contemporânea.

Também será possível realizar um estudo de caso, no qual os estudantes deverão analisar situações envolvendo efeitos colaterais de medicamentos ou resistência bacteriana, promovendo o desenvolvimento de competências analíticas e argumentativas. Como alternativa, os grupos poderão elaborar um mapa conceitual que represente as interações entre um fármaco e seu alvo biológico, favorecendo a organização dos conhecimentos e a compreensão sistêmica dos conteúdos trabalhados.

Dessa forma, esta etapa final busca consolidar uma aprendizagem significativa, integrando ciência, saúde e cidadania em uma perspectiva crítica e contextualizada

### Metodologia:

A metodologia adotada nesta etapa da sequência didática pauta-se em uma abordagem colaborativa, centrada na participação ativa dos estudantes e na valorização do diálogo e da autoria. Os alunos serão organizados em grupos colaborativos, favorecendo a troca de saberes, o desenvolvimento da responsabilidade compartilhada e a construção coletiva do conhecimento.

Para a produção dos materiais propostos, será incentivado o uso opcional de ferramentas digitais, permitindo que os grupos explorem recursos tecnológicos conforme suas preferências e possibilidades, o que contribui para a ampliação das competências digitais e para a diversificação das formas de expressão dos conteúdos trabalhados.

Após a etapa de elaboração, os grupos deverão realizar a apresentação dos trabalhos, seja para a turma ou, quando pertinente, para a comunidade escolar. Essa socialização tem como finalidade não apenas divulgar os resultados, mas também promover o protagonismo estudantil e fortalecer o vínculo entre o conhecimento científico e o contexto social.

Por fim, será realizada uma roda de conversa coletiva, momento destinado ao compartilhamento de reflexões sobre a experiência vivenciada, à escuta ativa entre os participantes e à autoavaliação do processo de aprendizagem. Essa etapa final busca ampliar a consciência crítica dos estudantes sobre sua trajetória no projeto, estimulando o pensamento reflexivo e a autonomia intelectual.

### Avaliação:

A avaliação dos trabalhos será orientada por critérios que contemplam tanto os aspectos conceituais quanto os formativos da atividade. Serão considerados, em primeiro lugar, a clareza conceitual, isto é, a precisão e coerência na abordagem dos conteúdos científicos mobilizados pelos estudantes. Além disso, será valorizada a criatividade na elaboração das propostas, entendida como a capacidade de apresentar soluções originais e expressivas para os desafios propostos.

Outro critério relevante será a aplicabilidade dos conteúdos trabalhados, o que implica avaliar em que medida os conhecimentos desenvolvidos ao longo da sequência foram incorporados de forma funcional e pertinente na atividade final. Por fim, será levada em conta a relevância social da proposta apresentada, especialmente no que diz respeito à sua capacidade de dialogar com questões reais, promover conscientização ou gerar impacto positivo no contexto escolar ou comunitário.

Essa abordagem avaliativa busca reconhecer não apenas o domínio dos conteúdos, mas também o engajamento, a criticidade e a capacidade de intervenção dos estudantes diante de problemas complexos que envolvem ciência e sociedade.

Considerações finais:

Esta etapa final da sequência didática tem como propósito consolidar a integração entre os conhecimentos científicos abordados ao longo do percurso formativo e os contextos reais vivenciados pelos estudantes. Ao propor atividades que articulam ciência, saúde e sociedade, busca-se promover o desenvolvimento da autonomia intelectual, da criatividade e do protagonismo discente, valores essenciais para uma aprendizagem significativa e transformadora.

Além disso, destaca-se a importância da avaliação crítica por parte de professores de Química, tanto no que diz respeito à aplicabilidade prática da proposta quanto à sua contribuição para o desenvolvimento de competências previstas pela BNCC. Esse olhar reflexivo e especializado é indispensável para o aperfeiçoamento contínuo da metodologia adotada e para a validação de sua eficácia pedagógica, garantindo que a abordagem se mantenha relevante, atualizada e sensível às demandas contemporâneas da educação em Ciências.

## CONCLUSÃO

O presente trabalho, ao propor uma sequência didática fundamentada na investigação científica e no uso de tecnologias digitais, buscou promover uma aprendizagem significativa em torno do uso do tema dos fármacos, articulando os conhecimentos químicos à realidade dos estudantes. A proposta se ancora em metodologias ativas, especialmente na aprendizagem baseada em problemas (ABP), e está alinhada às diretrizes da BNCC, ao integrar habilidades cognitivas, competências socioemocionais e formação crítica.

Ao longo do desenvolvimento do produto educacional, foi levado em consideração que a abordagem interdisciplinar e contextualizada pode favorecer o engajamento dos discentes, promovendo não apenas a compreensão dos conteúdos, mas também o protagonismo estudantil e a valorização do conhecimento científico como ferramenta de transformação social. A utilização de plataformas digitais e ferramentas computacionais interativas foi considerada como uma estratégia com potencial para demonstrar eficácia na mediação pedagógica, ampliando as possibilidades de aprendizagem autônoma e colaborativa..

Dessa forma, o produto aqui desenvolvido busca se consolidar como uma proposta pedagógica inovadora e replicável, capaz de contribuir para a ressignificação do ensino de Química, aproximando-o dos interesses e vivências dos estudantes. Reitera-se, assim, a importância da pesquisa como fundamento da prática docente e a necessidade de constante reflexão sobre os processos de ensino e aprendizagem no contexto da educação contemporânea.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, Josyane Barros; FREITAS, Nadia Magalhães da Silva. PROPOSIÇÕES DE INOVAÇÃO DIDÁTICA NA PERSPECTIVA DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS: TENSÕES DE UM PROCESSO FORMATIVO. **Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, e2734, 2017.

ALBA, Juliana; SALGADO, Tania Denise Miskinis; DEL PINO, José Cláudio. ESTUDO DE CASO: UMA PROPOSTA PARA ABORDAGEM DE FUNÇÕES DA QUÍMICA ORGÂNICA NO ENSINO MÉDIO. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, vol 6, nº 2, mai-ago. 2013.

ANGOTTI, José André Peres. ENSINO DE FÍSICA COM TDIC. 1<sup>a</sup> ed. Florianópolis: **UFSC - EAD - CED - CFM**, 2015. ISBN: 978-85-8030-039-0.

BACICH, Lilian; MORAN, José (Orgs.). METODOLOGIAS ATIVAS PARA UMA EDUCAÇÃO INOVADORA: UMA ABORDAGEM TEÓRICO-PRÁTICA. Porto Alegre: **Penso**, 2018. ISBN 978-85-8429-116-8.

BARACHO, Renata Maria Abrantes; FREITAS JUNIOR, Carlos Alberto de. EDUCAÇÃO 3.0: A EDUCAÇÃO DA 4<sup>a</sup> REVOLUÇÃO INDUSTRIAL. **Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação e Biblioteconomia**, João Pessoa, v. 14, n. 1, p. 22-30, 2019.

BARREIRO, Eliezer J. SOBRE A QUÍMICA DOS REMÉDIOS, DOS FÁRMACOS E DOS MEDICAMENTOS. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, N° 3, maio 2001.

BOEHR DD, NUSSINOV R, WRIGHT PE. THE ROLE OF DYNAMIC CONFORMATIONAL ENSEMBLES IN BIOMOLECULAR RECOGNITION. **Nat Chem Biol**. 2009 Nov;5(11):789-96. doi: 10.1038/nchembio.232. Erratum in: Nat Chem Biol. 2009 Dec;5(12):954. PMID: 19841628; PMCID: PMC2916928.

BRUNO, Adriana Rocha. CULTURA DIGITAL E EDUCAÇÃO ABERTA: AS CURADORIAS DIGITAIS COMO INTER E INTRAFACES DO ENSINO HÍBRIDO. **Trabalho & Educação**, v. 28, n. 1, p. 115-126, jan.-abr. 2019.

BUSH K, BRADFORD PA. B-LACTAMS AND B-LACTAMASE INHIBITORS: AN OVERVIEW. **Cold Spring Harb Perspect Med**. 2016 Aug 1;6(8):a025247. doi: 10.1101/cshperspect.a025247. PMID: 27329032; PMCID: PMC4968164.

CAIRES, Bruno Florencia; LIMA, Adriano Machado; DE MOURA, Renan Gomes. A REVOLUÇÃO 4.0 NA EDUCAÇÃO: UMA DISCUSSÃO TEÓRICA. **Revista Valore**, [S. l.], v. 4, p. 150–156, 2021. DOI: 10.22408/revav402019693150-156. Disponível em: <https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/693>. Acesso em: 20 set. 2025.

COSTA, Carolina Mendes de Albuquerque dos Santos. PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA VISANDO O TEMA DE FÁRMACOS E AUTOMEDICAÇÃO. 2022. 113 f. **Dissertação (Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional) – Universidade Federal Fluminense**, Volta Redonda, 2022.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria Castanho Almeida. ENSINO DE CIÊNCIAS: FUNDAMENTOS E MÉTODOS. São Paulo: **Cortez**, 2002.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. FÍSICA. São Paulo: **Cortez**, 1991.

DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. OS PRINCÍPIOS DAS METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO: UMA ABORDAGEM TEÓRICA. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, 2017.

DIONÍZIO, T.P.; SILVA, F.P.Da; DIONÍZIO.D. P.; CARVALHO.D.M. O USO DE TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO COMO FERRAMENTA EDUCACIONAL ALIADA AO ENSINO DE QUÍMICA. **EaD em Foco**, V9, e804. 2019. doi: <https://doi.org/10.18264/eadf.v9i1809>

DRUGBANK. **DrugBank Online.** EDMONTON: THE METABOLOMICS INNOVATION CENTRE, 2025. Disponível em: <https://go.drugbank.com/>. Acesso em: 4 jan. 2025.

FELCHER, C. D. O.; FOLMER, V. EDUCAÇÃO 5.0: REFLEXÕES E PERSPECTIVAS PARA SUA IMPLEMENTAÇÃO. **Revista Tecnologias Educacionais em Rede (ReTER),** [S. l.], v. 2, n. 3, p. e5/01–15, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reter/article/view/67227>. Acesso em: 20 set. 2025.

FERRO, Emer Suavinho; REIS, Ricardo Augusto de Melo; FREITAS, Hércules Rezende. UMA BREVE HISTÓRIA DO ESTUDO DOS FÁRMACOS E OS GANHADORES DO NOBEL. **Neurociências & Sociedade**, Niterói, v. 1, n. 2, e224008, 2024.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo (Orgs.). MÉTODOS DE PESQUISA. Porto Alegre: **Editora da UFRGS**, 2009. 120 p. (Série Educação a Distância).

GONÇALVES, Raoni Schroeder Borges; BRUM, André Luis Silveira. "ELABORAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA UTILIZANDO-SE O TEMA GERADOR FÁRMACOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA NO ENSINO MÉDIO". In: **Anais do SimPROFQUI e Workshop do PROFQUI UFAL**. Anais. Maceió(AL) UFAL, 2022.

GIORDAN, M; GUIMARÃES, Y. A. F.; MASSI, L. UMA ANÁLISE DAS ABORDAGENS INVESTIGATIVAS DE TRABALHOS SOBRE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS: TENDÊNCIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS. In: **VIII Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências**. Campinas, 2011.

HILBERT, Martin. DIGITAL TECHNOLOGY AND SOCIAL CHANGE: THE DIGITAL TRANSFORMATION OF SOCIETY FROM A HISTORICAL PERSPECTIVE. **Dialogues in Clinical Neuroscience**, v. 22, n. 2, p. 189-194, 2020.

HUNTER, Kevin H.; RODRIGUEZ, Jon-Marc G.; BECKER, Nicole M. A REVIEW OF RESEARCH ON THE TEACHING AND LEARNING OF CHEMICAL BONDING. **Journal of Chemical Education**, v. 99, p. 2451-2464, 2022.

KNOX C, WILSON M, KLINGER CM, FRANKLIN M, OLER E, WILSON A, PON A, COX J, CHIN NEL, STRAWBRIDGE SA, GARCIA-PATINO M, KRUGER R, SIVAKUMARAN A, SANFORD S, DOSHI R, KHETARPAL N, FATOKUN O, DOUCET D, ZUBKOWSKI A, RAYAT DY, JACKSON H, HARFORD K, ANJUM A, ZAKIR M, WANG F, TIAN S, LEE B, LIIGAND J, PETERS H, WANG RQR, NGUYEN T, SO D, SHARP M, da SILVA R, GABRIEL C, SCANTLEBURY J, JASINSKI M, ACKERMAN D, JEWISON T, SAJED T, GAUTAM V, WISHART DS. DRUGBANK 6.0: THE DRUGBANK KNOWLEDGEBASE FOR 2024. **Nucleic Acids Res.** 2024 Jan 5;52(D1):D1265-D1275. doi: 10.1093/nar/gkad976. PMID: 37953279; PMCID: PMC10767804.

KRAISIG, Ângela R.; BRAIBANTE, M. E. F. ANALYSIS OF TEACHING AND LEARNING OF CHEMICAL TRANSFORMATIONS IN NATIONAL PUBLICATIONS. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 8, n. 8, p. e50881272, 2019.

LASAKOSWITSCK, Ronaldo. ORIGENS, CONCEITOS E PROPÓSITOS DAS METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM. **Eccos - Revista Científica**, São Paulo, n. 63, p. 1-21, e23450, out./dez. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/eccos.n63.23450>.

LEITE, Bruno Silva. TECNOLOGIAS NO ENSINO DE QUÍMICA: PASSADO, PRESENTE E FUTURO. **Scientia Naturalis**, v. 1, n. 3, p. 326-340, 2019.

LENGEL, J. Educação 3.0. ESTADÃO, ON-LINE, 07 nov. 2012. **Caderno Educação**. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/educacao/artigo-educacao-30/> Acesso em 04 jul. 2025.

MIRANDA, Ana Carolina Gomes; PAZINATO, Maurícius Selvero; BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes. TEMAS GERADORES ATRAVÉS DE UMA ABORDAGEM TEMÁTICA FREIREANA: CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 7, n. 3, p. 73-92, set./dez. 2017.

MOLVIEW. MOLECULAR EDITOR AND VIEWER. Disponível em:  
<https://molview.org/>. Acesso em: 4 jan. 2025.

MORAES, Joelda Ferreira de; SILVA JÚNIOR, Adonias Soares da; LIMA, Eunara Eugênia Lopes; et al. AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM: UMA REVISÃO INTEGRATIVA ACERCA DA SUA RELEVÂNCIA PARA O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v.16, n.12, p. 29217-29224, 2023.

MORÁN, José. MUDANDO A EDUCAÇÃO COM METODOLOGIAS ATIVAS. In: SOUZA, Carlos Alberto de; MORALES, Ofelia Elisa Torres (orgs.). CONVERGÊNCIAS MIDIÁTICAS, EDUCAÇÃO E CIDADANIA: APROXIMAÇÕES JOVENS. Vol. II. PG: Foca Foto-PROEX/UEPG, p. 15-33, 2015.

NASCIMENTO, Adriano José da Silva. QUÍMICA DOS MEDICAMENTOS: PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA. 2022. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Licenciatura) – Instituto de Química e Biotecnologia**, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2022.

PAZINATO, Maurícius S.; BRAIBANTE, Hugo T. S.; BRAIBANTE, Mara E. F.; TREVISAN, Marcele C.; SILVA, Giovanna S. UMA ABORDAGEM DIFERENCIADA PARA O ENSINO DE FUNÇÕES ORGÂNICAS ATRAVÉS DA TEMÁTICA MEDICAMENTOS. **Química Nova na Escola**, Vol. 34, N° 1, p. 21-25, Fev. 2012.

SALDIVAR-GONZÁLEZ, F. I., Fernández-de Gortari, E., & Medina-Franco, J. L. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DISEÑO DE FÁRMACOS: HACIA LA INTELIGENCIA AUMENTADA. **Educación Química**, 34(2), 17-25, abril-junho, 2023.

SALDÍVAR-GONZÁLEZ, F., Prieto-Martínez, F. D., & Medina-Franco, J. L. DESCUBRIMIENTO Y DESARROLLO DE FÁRMACOS: UN ENFOQUE COMPUTACIONAL. **Educación Química**, v. 28, p. 51-58, 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.06.002>

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. D. P. B. METODOLOGIA DE PESQUISA. Tradução Daisy Vaz de Moraes. 5. ed. Porto Alegre: **Penso**, 2013.

SANTOS, Danielle Fernandes Amaro dos; CASTAMAN, Ana Sara. METODOLOGIAS ATIVAS: UMA BREVE APRESENTAÇÃO CONCEITUAL E DE SEUS MÉTODOS. **Revista Linhas**. Florianópolis, v. 23, n. 51, p. 334-357, jan./abr. 2022.

SANTOS, Camila Maria Andrade dos; SILVA, Ricardo Alexandre Galdino da; WARTHA, Edson José. O CONCEITO DE ELETRONEGATIVIDADE NA EDUCAÇÃO BÁSICA E NO ENSINO SUPERIOR. **Química Nova**, v. 34, n. 10, p. 1846-1851, 2011.

SANTOS, Daniele Bellese Dos; BORDIN, Reginaldo Aliçandro. ESTUDOS SOBRE O PENSAMENTO EDUCACIONAL DE ZYGMUNT BAUMAN E A MODERNIDADE LÍQUIDA. **XI EPCC Anais Eletrônico**, 29 e 30 de outubro de 2019.

SANTOS, José Nunes dos; GEBARA, Maria José Fontana. O PORTAL DIA A DIA EDUCAÇÃO: UM AMBIENTE PEDAGÓGICO COLABORATIVO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 24, nº 7, 5 de março de 2024. Disponível em:

<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/24/6/o-portal-dia-a-dia-educacao-um-ambiente-pedagogico-colaborativo-para-o-ensino-de-ciencias>

SARAH L. Cresswell, Wendy A. Loughlin e Tak H. Kim, IMPLEMENTING AN INTERACTIVE ONLINE PLATFORM IN A LARGE UNDERGRADUATE GENERAL CHEMISTRY COURSE AND ITS IMPACT ON STUDENT LEARNING AND PERCEPTIONS, **Chem. Educ. Res. Pract.**, 2024, 25, 703.

SCHMIDT, Eder. PARACELSO E O PARAGRANUM: ENSAIO DE UMA NOVA MEDICINA? **Revista Médica de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 29, supl. 6, p. 1-5, 2019. Disponível em: <https://rmmg.org/artigo/detalhes/2515>. Acesso em: 20 set. 2025.

SOUZA, Adriana Alves Novais; SCHNEIDER, Henrique Nou. DA EDUCAÇÃO 1.0 À EDUCAÇÃO 3.0: DESAFIOS PARA A PRÁTICA DOCENTE NO SÉCULO XXI. **Olhar de professor**, Ponta Grossa, v. 25, p. 1-20, e-17555.014, 2022.

GARTLAN, William A.; RAHMAN, Sajedur; PELLEGRINI, Mark V.; RETI, Kaitlyn. BENZATHINE PENICILLIN. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): **StatPearls**

**Publishing**, 2025. Atualizado em 12 fev. 2024. Disponível em:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507723/>. Acesso em: 23 set. 2025.

TRIVIÑOS, Augusto Nibaldo Silva. INTRODUÇÃO À PESQUISA EM CIÊNCIAS SOCIAIS: A PESQUISA QUALITATIVA EM EDUCAÇÃO. São Paulo: **Atlas**, 1987.

UGALDE, Maria Cecília Pereira; ROWEDER, Charlys. SEQUÊNCIA DIDÁTICA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA DE ENSINO-APRENDIZAGEM. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico (EDUCITEC)**, v. 6, Edição Especial, e099220, 2020.

UREL, David Éverton. PAULO FREIRE E OS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS. **Scientia Naturalis**, v. 4, n. 1, p. 49-59, 2022.

ZABALA, Antoni. A PRÁTICA EDUCATIVA: COMO ENSINAR. Porto Alegre: **Artmed**, 1998.

WISHART DS, KNOX C, GUO AC, SHRIVASTAVA S, HASSANALI M, STOTHARD P, CHANG Z, WOOLSEY J. DRUGBANK: A COMPREHENSIVE RESOURCE FOR IN SILICO DRUG DISCOVERY AND EXPLORATION. **Nucleic Acids Res.** 2006 Jan 1;34(Database issue):D668-72. doi: 10.1093/nar/gkj067. PMID: 16381955; PMCID: PMC1347430.

WIKIMEDIA FOUNDATION. **Wikimedia Commons: página principal**. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/>. Acesso em: 4 jan. 2025.

YOCUM RR, RASMUSSEN JR, STROMINGER JL. THE MECHANISM OF ACTION OF PENICILLIN. PENICILLIN ACYLATES THE ACTIVE SITE OF BACILLUS STEAROTHERMOPHILUS D-ALANINE CARBOXYPEPTIDASE. **J Biol Chem.** 1980 May 10;255(9):3977-86. PMID: 7372662.