

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

**A QUÍMICA DAS PLANTAS: UMA ABORDAGEM
INVESTIGATIVA PARA O ENSINO**

DANIELLY CRISTINA E SILVA PESSÔA

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. FRANCIELLE ALLINE MARTINS

COORIENTADOR: PROF. DR. PEDRO MARCOS DE ALMEIDA

Teresina – PI
2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

A QUÍMICA DAS PLANTAS: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PARA O ENSINO

DANIELLY CRISTINA E SILVA PESSÔA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Estadual do Piauí, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestra em Química – Área de concentração: Química
Orientadora: Prof(a). Dr(a). Francielle Aline Martins
Coorientador: Prof. Dr. Pedro Marcos de Almeida

Teresina – PI

2024

P475q Pessôa, Danielly Cristina e Silva.
A química das plantas: uma abordagem investigativa para o ensino
/ Danielly Cristina e Silva Pessôa. – 2024.
112 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Piauí –
UESPI, Programa de Pós-Graduação em Química, *Campus* Poeta
Torquato Neto, Teresina-PI, 2024.

“Orientadora Profª. Dra. Francielle Alline Martins.”

“Coorientador Prof. Dr. Pedro Marcos de Almeida.”

“Área de Concentração: Química.”

1. Ensino investigativo. 2. Fitoquímica. 3. Plantas medicinais.
I. Título.

CDD: 540.07

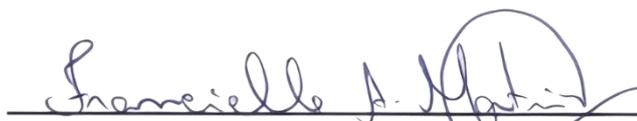
A QUÍMICA DAS PLANTAS: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PARA O ENSINO

DANIELLY CRISTINA E SILVA PESSÔA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Estadual do Piauí, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Química – Área de concentração: Química.

Aprovado em 29 de janeiro de 2024.

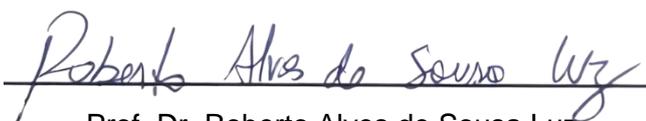
Membros da Banca:



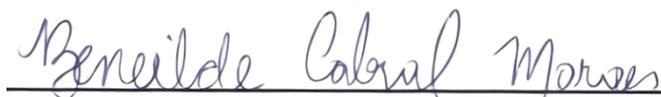
Profa. Dra. Francielle Aline Martins
(Presidente da Banca – UESPI)



Prof. Dr. Pedro Marcos de Almeida
(Coorientador – UESPI)



Prof. Dr. Roberto Alves de Sousa Luz
(Membro Titular – UFPI)



Profa. Dra. Beneilde Cabral de Moraes
(Membro Titular – UESPI)

Teresina – PI
2024

Dedico esta dissertação, em memória a minha mãe por todos os motivos possíveis e que estão entre as coisas impossíveis de serem descritas.

AGRADECIMENTOS

- ❖ À magnificência do Universo por emprestar sua grandeza, uma fonte inesgotável de inspiração e reflexão, que nos proporciona um lembrete diário de que somos parte de algo extraordinário. Essa perspectiva ampla não apenas expande nossos horizontes, mas também nutre a humildade diante do outro.
- ❖ À minha família, em especial, minha vó Ednê, meu avô, Firmino (*in memoriam*), minha tia-mãe Gracele e meu pai Joselly, que foram meu alicerce e apoio para que eu pudesse ser feliz nos estudos. Este trabalho é uma expressão da minha profunda gratidão a vocês.
- ❖ À família que eu construí, meu esposo, meu amor, Dayvison e minha filha, minha deusa luz, Diana, sem vocês eu não seria a mesma. Vocês são a âncora que me sustenta, tornam cada passo, cada desafio e cada triunfo ainda mais significativo.
- ❖ Às amigas que se tornaram pilares de suporte, Ana Aline e Maristhela, minhas irmãs e comadres, agradeço por serem parte integrante deste caminho e da minha vida. Vocês são alívio, pois uma amizade é remédio para qualquer mal-estar dessa vida.
- ❖ À pessoa e minha orientadora, Francielle Aline, pela orientação excepcional, paciência, empatia e constante encorajamento ao longo deste processo. Sua habilidade de transmitir conceitos e paixão pelo conhecimento foram fontes de inspiração e motivação para mim.
- ❖ Aos meus pares durante essa jornada do mestrado, meu Coorientador professor Pedro Marcos de Almeida, cada conversa e reunião de grupo que participei moldaram não apenas minha pesquisa, mas meu desenvolvimento dentro do mestrado, fizeram o início dessa experiência ser enriquecedora. A minha colega de turma, Ana Kerly, aqui nasceu uma amizade, sem ela o mestrado não teria sido o mesmo. Ao colega de pesquisa Marcos Vinícius, por sua colaboração e troca de ideias, fomos felizes ao dividir a mesma temática e orientadora. Ao meu amigo, Weider, pela amizade e por sempre me apoiar nessa caminhada desde a graduação.

- ❖ À Universidade Estadual do Piauí pela oportunidade que foi estar nessa Instituição desde a minha graduação em química, ao Programa de Pós-Graduação em Química – PPGQ, por realizar este mestrado e pelos recursos disponibilizados para a realização desta pesquisa. Ao Instituto Federal do Maranhão, pelo apoio e por reconhecer a importância de seus servidores buscarem aperfeiçoamento profissional, aproveito para agradecer aos colegas de trabalho, pela compreensão e apoio constante durante minha ausência para concluir essa dissertação.
- ❖ A todas as pessoas que contribuíram para o sucesso deste trabalho. Este é o resultado de um esforço coletivo e colaborativo, não tenham dúvidas disso. Especialmente, a todas as mulheres cujos feitos, coragem e contribuições desbravaram caminhos, muitas vezes árduos, para que pudéssemos trilhar nossas próprias jornadas, eu expresso minha mais profunda gratidão.

“O que está acontecendo é um movimento unilinear, vai de cá para lá e acabou, não há volta, e nem sequer há uma demanda; o educador, de modo geral, já traz a resposta sem se lhe terem perguntado nada!”

(Por uma Pedagogia da Pergunta)

RESUMO

PESSOA, D.C.S. **A Química das Plantas: Uma abordagem Investigativa para o Ensino**. 2024. 112 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual do Piauí. Teresina.

Segundo o Segundo o Ministério da Saúde, cerca de 40% de todos os medicamentos têm como princípio ativo os vegetais. Todavia, o conhecimento dos efeitos benéficos das plantas não é amplamente difundido, assim, práticas de ensino que busquem contextualizar esse conhecimento empírico com os saberes científico são necessárias. Dessa forma, este estudo tem por objetivo desenvolver e aplicar uma sequência de ensino investigativa (SEI) acerca da química das plantas para alunos de graduação em ciências biológicas. Divididos em grupos, os alunos foram apresentados à questão norteadora “Por que algumas plantas têm ação medicinal ou praguicida e outras não?”. Inicialmente, os alunos levantaram hipóteses, buscaram apoio na literatura científica, coletaram e identificaram material vegetal através do App Picture This. Posteriormente foram desafiados a apresentar a pesquisa realizada e a jogar o jogo de tabuleiro “Perfil Fitoquímico”. No laboratório, o extrato hidroalcoólico das folhas coletadas foi preparado pelos alunos para a prospecção fitoquímica, na qual investigaram a presença das principais classes de metabólitos: taninos, flavonoides, alcaloides, saponinas, triterpenoides e esteroides nas amostras, através de testes simples qualitativos. O potencial antioxidante também foi determinado por meio do teste de DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil). Os alunos analisaram os dados coletados, confrontaram com a literatura e concluíram acerca da problematização inicial, por fim, os alunos foram avaliados por meio de um questionário com questões discursivas abrangendo o conteúdo abordado na SEI. Todas as etapas foram gravadas com um smartphone e transcritas para análise do contexto verbal e não-verbal construído em sala de aula. A SEI proporcionou um aprendizado significativo e o desenvolvimento de competências conceituais na área de fitoquímica, mas também de competências atitudinais e procedimentais. Os resultados encontrados reforçam os benefícios da utilização de metodologias ativas que priorizem a investigação para o ensino de fitoquímica.

Palavras-chave: Ensino investigativo; Fitoquímica; Plantas medicinais.

ABSTRACT

PESSOA, D.C.S. **PLANT CHEMISTRY: AN INVESTIGATIVE APPROACH TO TEACHING**. 2024. 112 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual do Piauí. Teresina.

According to the Ministry of Health, around 40% of all medicines have vegetables as their active ingredient. However, knowledge of the beneficial effects of plants is not widely disseminated, therefore, teaching practices that seek to contextualize this empirical knowledge with scientific knowledge are necessary. Therefore, this study aims to develop and apply an investigative teaching sequence (SEI) about plant chemistry for undergraduate students in biological sciences. Divided into groups, the students were presented with the guiding question “Why do some plants have medicinal or pesticide action and others do not?”. Initially, students raised hypotheses, sought support in scientific literature, collected and identified plant material through the Picture This App. They were later challenged to present the research carried out and play the board game “Phytochemical Profile”. In the laboratory, the hydroalcoholic extract of the collected leaves was prepared by the students for phytochemical prospecting, in which they investigated the presence of the main classes of metabolites: tannins, flavonoids, alkaloids, saponins, triterpenoids and steroids in the samples, through simple qualitative tests. The antioxidant potential was also determined using the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) test. The students analyzed the collected data, compared them with the literature and concluded about the initial problematization. Finally, the students were evaluated through a questionnaire with discursive questions covering the content covered in the SEI. All stages were recorded with a smartphone and transcribed to analyze the verbal and non-verbal context constructed in the classroom. SEI provided significant learning and the development of conceptual skills in the area of phytochemistry, but also attitudinal and procedural skills. The results found reinforce the benefits of using active methodologies that prioritize research for teaching phytochemistry.

Keywords: Investigative teaching; Phytochemistry; Medicinal plants.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 3.1** – Exemplos de slides utilizados na contextualização e discussão inicial acerca do uso das plantas28
- Figura 3.2** – Aplicativo *Picture This*, usado para identificação das espécies de plantas coletadas pelos alunos para a investigação fitoquímica29
- Figura 3.3** – Reação de redução do DPPH• a DPPH-H na presença de um composto antioxidante. A reação pode ser evidenciada pela mudança da cor da amostra de violeta escuro para violeta claro.....32
- Figura 3.4** – Síntese das competências de aprendizagem trabalhadas na SEI – “A química das plantas”33
- Figura 4.1** – Gráficos de Concentração x Atividade antioxidante para o extrato hidroalcoólico de A - *R. communis*. B - *H. rosa-sinensis* e C - *P. boldus*46

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Quadro síntese das etapas da aplicação da SEI.....	27
Quadro 3.2 - Questionário final aplicado ao grupo de estudantes, voluntários no curso de extensão “A química das plantas”	32
Quadro 4.1 - Hipóteses levantadas pelos grupos de alunos em resposta a questão norteadora? “Por que algumas plantas têm ação medicinal e praguicida, e outras não?”	36
Quadro 4.2 - Diálogo acerca do processo de secagem das folhas.....	39
Quadro 4.3 - Diálogo acerca da escolha do solvente para o preparo dos extratos...	40
Quadro 4.4 - Respostas dos estudantes referentes à questão 2: “Dentre os vários metabólitos secundários estudados, cite um deles e uma característica, aplicação ou curiosidade”	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Resultados da prospecção fitoquímica preliminar segundo a metodologia de Matos (2009), para as espécies: <i>R. communis</i> , <i>H. rosa-sinensis</i> e <i>P. boldus</i>	42
Tabela 4.2 - Avaliação quantitativa da atividade antioxidante dos extratos foliares testados, na concentração de 5 mg/mL.....	44
Tabela 4.3 - Dados para construção do gráfico de Concentração x Atividade antioxidante e cálculo do CE50 das amostras de <i>R. communis</i> , <i>H. rosa-sinensis</i> e <i>P. boldus</i>	45

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CE₅₀ – Concentração Efetiva para reduzir 50% do DPPH•

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

Chemsketch - software de estruturação molecular da empresa *Advanced Chemistry Development Inc.*

DPPH – 2,2-difenil-1-picrilidrazil;

QN – Questão Norteadora;

SEI – Sequência de Ensino por Investigação;

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos	18
1.1.1 Gerais.....	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	18
CAPÍTULO 2 - REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 Encontro de saberes: popular e científico	19
2.2 O Ensino da química das plantas.....	21
2.3 A abordagem investigativa como metodologia ativa	23
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA	26
3.1 Modelo de pesquisa	26
3.2 Lócus da pesquisa	26
3.3 Percurso metodológico.....	26
3.3.1 Momento 1: Contextualização e orientação	28
3.3.2 Momento 2: Sedimentando conceitos	29
3.3.3 Momento 3: Experimentação e descoberta	30
3.3.4 Momento 4: Confronto dos dados e avaliação	31
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 Primeiro momento pedagógico.....	34
4.2 Segundo momento pedagógico.....	39
4.3 Terceiro momento pedagógico.....	42
4.4 Quarto momento pedagógico	45
CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	52
APÊNDICE A - JOGO “PERFIL FITOQUÍMICO”	57
APÊNDICE B - ROTEIRO INTERATIVO	84

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

O conhecimento move o mundo, e há tantos tipos de conhecimento quanto pessoas, porque junto com esse conhecimento vem o modo de vida, a cultura e oportunidades que possuem. Há exemplo, o conhecimento advindo do vasto mundo das plantas, com sua rica diversidade e finalidades.

A compreensão sobre a composição química das plantas apresenta uma relevância que transcende os limites da química pura, pois ao aprofundar esse conhecimento abrange-se aspectos científicos, educacionais, ambientais, econômicos e de saúde. Segundo o Ministério da Saúde (2012), estima-se que aproximadamente 40% dos medicamentos atualmente disponíveis foram desenvolvidos direta ou indiretamente a partir de fontes naturais, dos quais 25% são de plantas. Além disso, das 252 drogas consideradas básicas e essenciais pela Organização Mundial de Saúde, 11% são originárias de plantas.

A fitoquímica se dedica ao estudo dos compostos químicos produzidos por plantas, conhecidos como fitoquímicos. Esses compostos desempenham papéis fundamentais nas plantas, participando de uma variedade de processos biológicos essenciais para seu crescimento, desenvolvimento e interação com o ambiente (BRAZ FILHO, 2010). É uma abordagem que trata da composição química proveniente de plantas, mais especificamente, o esclarecimento e registro dos constituintes resultantes do metabolismo secundário dos vegetais, através do isolamento e elucidação de suas estruturas moleculares (MATOS, 2009). Em resumo, o conhecimento da química das plantas é fundamental para abordar questões contemporâneas complexas, desde a busca por novos medicamentos até a promoção da consciência e sustentabilidade ambiental.

Desse modo, acredita-se que ao integrar essa compreensão aos currículos educacionais, fortalece-se não apenas a base de conhecimento dos estudantes, mas reforça-se o ensino de práticas que buscam promover o conhecimento das propriedades das plantas (COSTA *et al.*, 2020).

O estudo do processo de extração desses fitoquímicos, bem como a análise e caracterização de sua estrutura e dos fatores que influenciam e colaboram no seu desenvolvimento, fornecem material significativo para o processo de ensino/aprendizagem, em que o estudante pode colaborar efetivamente em todas as etapas de construção deste conhecimento (MORENO; SILVA, 2017).

O ensino-aprendizagem das propriedades fitoquímicas representa um grande benefício social e econômico, todavia, em sala de aula ainda predomina o ensino tradicional, centrado no livro didático e raramente em práticas contextualizadas, que permitam ao aluno acesso a conteúdos do dia a dia (VOLKWEIS *et al.*, 2019). Entretanto, há um movimento forte referente a mudanças nesses paradigmas tradicionalistas. Tal mudança é provocada pela adoção de metodologias ativas com objetivo de tornar o aluno protagonista, tendo o professor como um guia (BACICH; MORAN, 2018).

Uma política consistente para educação visa atividades educacionais para a construção de saberes científicos que permitam compreender o mundo e tomar decisões democráticas, responsáveis e informadas sobre questões que podem afetar toda a sociedade e não somente o indivíduo que decide. Vários investigadores, agentes educativos e organizações têm defendido uma educação em Ciências alargada a toda a população, desde os primeiros anos de escolaridade. Tem sido igualmente defendido que uma educação em Ciências capaz de ajudar cada cidadão a agir responsabilmente, não se restringe à aquisição de conhecimento que se atém aos fatos sem interpretá-los, é necessária uma educação em Ciências baseada na literacia científica, para um público informado (MOREIRA; VIEIRA, 2016).

Dentre essas metodologias, destaca-se o ensino por investigação, uma abordagem pedagógica que coloca o estudante como protagonista da sua aprendizagem, promovendo a construção ativa do conhecimento. Destacamos a relevância da temática como método a ser explorado também no ensino superior, especialmente em função das demandas atuais de ensino. Logo, propostas de ensino pautadas em contexto de investigação são extremamente favoráveis a esse alcance e investigar essas situações pode sinalizar caminhos e evidenciar benefícios de ações dessa natureza. Assim sendo, as atividades da fitoquímica podem contribuir significativamente, justamente, através da investigação da flora e seu quimismo (BRAZ FILHO, 2010).

Diante da importância da fitoquímica e da necessidade de estratégias de ensino mais eficazes, surge o seguinte problema de pesquisa: como o ensino por investigação pode ser implementado de maneira eficaz no contexto do ensino de fitoquímica para promover o conhecimento dos compostos químicos produzidos por plantas para estudantes do ensino superior?

Nesse sentido, considerando a pauta discutida, propomos uma sequência de ensino com viés investigativo (SEI) para trabalhar a fitoquímica a partir da contextualização dos saberes já existentes pelos estudantes, pois à medida que os conhecimentos prévios são valorizados e inclusivos frente ao novo conhecimento apresentado, este torna-se concreto a realidade. Portanto, o objetivo deste estudo é desenvolver a SEI e aplicar durante um curso de extensão oferecido a estudantes de graduação.

De forma mais ampla, a SEI – “A química das plantas numa abordagem investigativa para o ensino”, aqui proposta, está fundamentada nos pressupostos do ensino por investigação e com ela se propõe a construção de conceitos científicos e o desenvolvimento de atitudes e procedimentos fundamentais no processo de construção desse conhecimento, engajado com a realidade do participante. Para isso, a SEI foi planejada abordando conceitos de fitoquímica, apresentando as diferentes classes de metabólitos secundários encontrados nas plantas, formas de identificação e análise do potencial antioxidante. Dessa forma, conseguinte, envolve formas de conexão entre o ensino de química, a temática das plantas e seu estudo fitoquímico.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Desenvolver e aplicar uma SEI para abordar fitoquímica junto aos discentes do curso de Biologia da Universidade Estadual do Piauí, Campus Torquato Neto.

1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Propor um jogo de tabuleiro para auxiliar a abordagem da proposta de forma descontraída;
- ✓ Produzir um roteiro de práticas laboratoriais para acompanhamento das atividades desenvolvidas ao longo da SEI.
- ✓ Identificar os principais metabólitos secundários presentes nas plantas de interesse medicinal ou praguicida indicadas pela população alvo desde estudo;
- ✓ Traçar o perfil químico e investigar a atividade antioxidante das amostras dos extratos preparados pelo método 2,2-difenil-1-picrilidrazil (DPPH);
- ✓ Avaliar durante a aplicação da SEI, o desenvolvimento de competências de aprendizagem conceitual, atitudinal e procedimental que impactaram no ensino-aprendizagem do grupo alvo.

Capítulo 2

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Encontro de saberes: popular e científico

Desde os primórdios da civilização que povos já usavam de seu conhecimento não-científico, mas de experiências vividas para encontrar alívio através de remédios provenientes de plantas. Nos dias de hoje, mesmo com os fármacos contemporâneos desenvolvidos com o uso das tecnologias mais avançadas, a busca por tratamentos e pela cura das doenças que afligem a humanidade moderna continua instigando a comunidade leiga e incentivando a comunidade científica a investigar o mundo vegetal (NOGUEIRA; MONTANARI; DONNICI, 2009).

No Brasil os saberes tradicionais sobre plantas são advindos de diversos povos e comunidades tradicionais, uma vez que o uso delas está associado à busca de bem-estar, por sua diversidade disponível e economicamente mais acessível. Principalmente, as populações de baixa renda que se beneficiam desses conhecimentos pela simples tradição passada através das gerações. Esse conhecimento popular é fonte de informações sobre a eficácia ou mesmo a toxicidade de algumas plantas, que já guiaram muitas pesquisas científicas no sentido de comprovar os benefícios ou malefícios atribuídos a elas (FIGARO; FONSECA; LINDEMANN, 2022).

Atualmente, a Tecnologia está associada diretamente ao conhecimento científico, as mudanças socioculturais e tecnológicas têm ocorrido de forma acelerada e contínua, tendo em vista que, direta ou indiretamente, todas as peculiaridades do cotidiano e das vidas de cada um de nós são abarcadas e influenciadas pelo crescente conhecimento científico, fazendo-se necessário às crianças, jovens e adultos o entendimento de suas aplicações e implicações (FONTOURA; PEREIRA; FIGUEIRA, 2020).

Dentre as questões que podem ser colocadas sobre o assunto, a que adquire mais urgência é como preparar o cidadão para o domínio destes novos saberes, que

crecem de maneira cada vez mais veloz. Ou ainda, até que ponto o cidadão comum deve compreender a atividade científica para ter uma visão lúcida e equilibrada sobre o seu desenrolar (LUZ JÚNIOR *et al.*, 2004). Tonou-se fundamental que os indivíduos disponham de saberes científicos que lhe permitam compreender o mundo e tomar decisões democráticas, responsáveis e informadas sobre questões que podem afetar toda a sociedade e não somente o indivíduo que decide (MOREIRA; VIEIRA, 2016).

O que não é inteligente, é achar que apenas o conhecimento científico é legítimo, é preciso haver uma aproximação entre o conhecimento científico e o saber popular, esses saberes juntos constroem uma ponte entre “realidade-conceito-realidade”. Lembrando dos ensinamos de Paulo Freire (1992) quando fala “saberes de experiência feito”, síntese da relação espontânea da subjetividade do indivíduo com o mundo que o cerca. O “saber de experiência feito” é o acúmulo de todas as experiências que permitiram aos indivíduos a elaborarem uma certa visão de mundo para compreender e explicar a realidade que os cerca, no meio de dificuldades muitos chegam à idade adulta sem ter autonomia com a leitura e a escrita, mas com uma carga de conhecimentos construídos de diferentes saberes de experiência feito (PEROZA, 2021).

Foi criado um abismo entre esses dois saberes sem perceber o que essa distância causa à ciência. A consequência dessa atitude gera uma incomunicabilidade com o mundo da vida, afastando a ciência do mundo concreto, a educação que se funda na ação dialógica não admite ruptura entre senso comum e o saber acadêmico, pois ruptura implica em considerar esferas distintas, que não se comunicam.

Todavia, não se deve supervalorizar o saber popular que desconsidera as pesquisas e descobertas, pois assim ignora a necessidade de elaborar uma reflexão rigorosa sobre os limites e possibilidades do conhecimento para além de conhecimentos empíricos (PEROZA, 2021).

Uma premissa importante da educação popular e que rompe com as práticas pedagógicas elitistas e bancárias incide no reconhecimento do diálogo e na possibilidade de o educando também ser um educador no processo. Nessa ótica, entendemos que um caminho para tornar mais acessível e popular os conhecimentos da Ciência seja reconhecer que é possível se apropriar dos saberes populares para se pensar em debatê-la. Pensar em educação democrática é pensar em alcançar a cultura científica através dela (COELHO *et al.*, 2020).

No intuito de gerar a socialização desses conhecimentos e saberes, torna-se necessário atividades educativas que contextualizem os conhecimentos a vivência do discente, o que retoma ao conceito de dar significância a seu aprendizado. Diante dessas considerações, percebe-se que o encontro de saberes é um elemento importante para a transformação do processo de ensino aprendizagem. Para tanto, o saber de experiência feito deve ser tomado como ponto de partida, tendo como intuito a visão crítica da realidade que em consonância com o saber científico pode se chegar a um pensamento crítico e transformador, a partir dessa articulação de saberes. Quando educador e aluno estão cientes que os conhecimentos acumulados são significativos, importantes questões se impõem (FREITAS; SOARES, 2020)

De acordo com Paulo Freire (2005) trabalhar a realidade do estudante não significa trabalhar um conhecimento simplista, mas trazer uma consciência crítica capaz de compreender diferentes explicações para os mesmos fenômenos, que entende os princípios de causalidade, repele preconceitos, que é democrática, investigadora e dialógica.

2.2 O Ensino da química das plantas

Nesse processo educativo podemos colocar estas mesmas questões com maior intensidade para a área de Química, por exemplo, a química é uma ciência central no entendimento da revolução científica em andamento, tanto por suas interfaces com a Biologia (p. ex.: Produtos Naturais, Bioquímica, etc), Física (p. ex.: Físico-Química), Engenharia (p. ex.: Materiais), quanto por suas aplicações em Agronomia, Ciência dos Alimentos e Farmacologia (LUZ JÚNIOR *et al*, 2004).

A partir da temática plantas, o educando pode compreender que os conhecimentos de química, de alguma maneira, podem estar relacionados com o seu cotidiano. A contextualização a respeito de alguns princípios ativos, substâncias químicas presentes nas plantas e o potencial em uma planta medicinal ou efeitos colaterais de plantas praguicidas, pode-se estabelecer um pensamento crítico quanto ao uso indiscriminado de tais substâncias ou despertar o pensamento investigativo sobre uma nova planta. O isolamento e a elucidação estrutural dos constituintes de extratos tornaram-se essenciais para estudos adicionais sobre toxicidade, estabilidade nas condições de uso, dosagem, estudos de estrutura-atividade, tipos eficientes de metabólito úteis e efeitos fisiológicos e genéticos (BRAZ FILHO, 2010).

O fato de uma planta ser conhecida e o uso popular dela ser bastante difundido não significa que seu potencial terapêutico está comprovado no âmbito da comunidade científica, como foi o caso do ácido aristolóquico, utilizado por alguns como planta medicinal e que tem hoje seu efeito tóxico comprovado. Da mesma forma que a ciência alerta sobre a toxicidade de plantas, ela também investe em pesquisas para comprovar a eficácia de outras. Um referencial para esses estudos é o conhecimento popular de comunidades que fazem uso dessas plantas, aliado à análise química de seus constituintes. Como exemplo, temos a Marcela (*Achyrocline satureioides*) amplamente estudada onde sua análise fitoquímica indica que muitas de suas atividades são atribuídas à presença de flavonoides (FIGARO; FONSECA; LINDEMANN, 2022).

A fitoquímica que segundo Matos (2009) é uma abordagem que trata da composição química proveniente de plantas, mais especificamente, o esclarecimento e registro dos constituintes resultantes do metabolismo secundário dos vegetais, através do isolamento e elucidação de suas estruturas moleculares. Sabendo disso, geralmente a seleção de plantas para estudo, baseia-se na prospecção e em relatos da literatura sobre ações antioxidantes, anti-inflamatórias e inseticidas dos vegetais.

Desde muito tempo, a fitoquímica com o constante aperfeiçoamento dos instrumentos de análise contribui significativamente através da investigação da flora e seu quimismo, da divulgação e geração de novos conhecimentos e da formação de recursos humanos qualificados (FILHO, 2010). Ademais, o campo de estudo da fitoquímica não possui estudos em abundância que consigam abranger todos os atributos vegetais, desse modo, é visto com bons olhos o ensino de técnicas e práticas que buscam tratar destas propriedades das plantas, principalmente as medicinais (COSTA et al, 2020).

A análise feita por Lima *et al.*, (2022) em seu artigo por meio de uma revisão bibliográfica, mostrou que o uso da temática plantas associado a uma abordagem contextualizada e interdisciplinar vêm sendo abordado por pesquisadores e professores da área de Ensino de química com a intenção de favorecer a aprendizagem de outros conceitos da área.

O ensino de compostos derivados do metabolismo secundário vegetal vem sendo abordados para mediação e identificação de funções orgânicas, experimentação, no uso da aprendizagem baseada em problemas e em sequências

didáticas. Verificou-se também que, a partir dos dados obtidos em sua pesquisa, que a experimentação e o uso de sequências didáticas estão, em sua grande maioria, associados a contextualização de conteúdos da química, buscando ampliar novas formas de favorecer o ensino-aprendizagem (LIMA *et al.*, 2022).

2.3 A abordagem investigativa como metodologia ativa

O campo da educação tem passado por transformações significativas nas últimas décadas, impulsionadas por uma compreensão mais profunda do processo de aprendizagem e pela necessidade de preparar os estudantes para os desafios de um mundo em constante evolução. Nesse contexto, as metodologias ativas no ensino emergem como estratégias pedagógicas inovadoras, buscando envolver os alunos de maneira mais ativa e construtiva.

As metodologias ativas têm como princípio central o aprendizado centrado no aluno, onde este é encorajado a ser protagonista de sua própria formação, isso incluir a participação ativa dos alunos, proporcionar momentos de colaboração e interação para troca de conhecimentos, experiências e perspectivas, a aplicação prática do conhecimento em contextos reais proporcionando uma compreensão mais significativa. Além disso as metodologias ativas estão associadas ao desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico, resolução de problemas, trabalho em equipe e comunicação eficaz (LOVATO *et al.*, 2018).

Ressalta-se, que a partir do ano 2000 o Estado brasileiro deu um passo importante para a reorganização dos cursos superiores de graduação (OLIVEIRA; SILVA, 2021). Assim foram produzidas as Diretrizes Curriculares Nacionais para Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena, Parecer/CNE/CP 09/2001, Resolução CNE/CP 01/2002, que entre os desafios e dificuldades educacionais encontradas no País destaca-se, por exemplo, que a formação de modo geral, manteve predominantemente um formato tradicional, que não contempla muitas das características consideradas, na atualidade, como inerentes à a atividade docente, entre as quais destacam: Orientar e mediar o ensino para a aprendizagem dos alunos, assumir e saber lidar com a diversidade existente entre os alunos, desenvolver práticas investigativas, utilizar novas metodologias e materiais de apoio (Ministério da Educação, 2002)

O ensino por investigação como uma abordagem didática é especialmente relevante para a educação. Trata-se de uma abordagem capaz de tornar o aprendizado mais significativo, pois estimula a curiosidade, a exploração, a resolução de problemas e permite que os estudantes atribuam significado aos conceitos de maneira pessoal e contextualizada (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017). Não está associado a estratégias e práticas didáticas específicas, mas a ações e procedimentos realizados pelo professor para constituir um ambiente de trabalho investigativo (SOLINO; SASSERON, 2018).

Em se tratando do desenvolvimento de habilidades científicas, a grande contribuição da abordagem investigativa recai na iniciação aos métodos, procedimentos e atitudes que a cultura científica desperta nos estudantes, ensinando-o a questionar as verdades concebidas, observar o mundo natural, formular hipóteses, testar teorias e comunicar resultados, adquirindo habilidades e valores éticos sobre a importância da pesquisa como princípio educativo (CARVALHO; OLIVEIRA; BIZERRA, 2018).

Como forma de trabalhar conteúdos em sala de aula utilizando o ensino por investigação, sequências de ensino investigativas (SEI) têm sido planejadas com a finalidade de desenvolver conteúdos ou temas científicos (CARVALHO, 2018). Na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado, sendo o problema experimental, sem dúvida, o mais comum e o que envolve mais os alunos (CARVALHO, 2020).

Os problemas experimentais ou teóricos propostos nas atividades investigativas para o ensino superior são mais complexos, pois são construídos para abranger o ensino e a aprendizagem das várias linguagens das ciências como, a escrita, oral, gráfica e a matemática. Para os professores, torna-se um verdadeiro desafio e exige uma participação diferenciada na interação professor/aluno. É preciso que eles orientem a argumentação dos alunos por meio de perguntas didáticas visando o estímulo à participação, científicas relacionadas a técnicas da Ciência e epistêmicas voltadas para a construção de significados (CARVALHO, 2018). Doravante, é imprescindível incorporar novos princípios no fazer pedagógico, para que não se restrinja à transmissão de informações, mas que haja a articulação dos conhecimentos, a fim de contextualizar e problematizar as propostas pedagógicas (ZANETONI; LEÃO, 2022).

A abordagem experimental é uma das opções para se trabalhar atividades investigativas no ensino, porém, para que o aluno participe do processo e aprenda a pensar, formular hipóteses e resolver problemas, os experimentos não podem ser do tipo “receita” com a previsão do resultado, mas uma investigação que os leve a pensar e a interagir como problema didático, uma vez que tal abordagem vai muito além da manipulação de vidrarias e reagentes (GONÇALVES; GOI, 2018).

Nas atividades experimentais investigativas os alunos participam ativamente de todas as etapas de investigação, desde a interpretação do problema até a apresentação de uma possível solução. Acredita-se que, se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele será capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, aprendendo e argumentando sobre os fenômenos químicos estudados, alcançando os objetivos de uma aula experimental, a qual privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico (OLIVEIRA, 2010; SUART; MARCONDES, 2008).

Abrir caminho para mudanças no ensino não é tarefa fácil, atividades que promovem a investigação ativa por parte dos alunos para a construção do conhecimento enfrenta algumas dificuldades. Carvalho (2018) relata limitações encontradas nos trabalhos desenvolvidos pelo Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (LAPEF), que orienta mestrados e doutorados de dois Programas de Pós-Graduação da Universidade de São Paulo desde a década de 80. Entre elas, as condições de trabalho, formação de professores e a motivação do aluno.

Wartha e Lemos (2016) em suas perspectivas em que foram realizadas as reflexões sobre os fundamentos teóricos e pedagógicos da abordagem investigativa falam de fatores que influenciam a realização de atividades investigativas, e mencionam as mesmas questões, principalmente quando a formação de profissionais.

É importante abordar essas dificuldades de maneira estratégica, envolvendo os educadores em desenvolvimento profissional, pois assim podemos promover o compartilhamento de melhores práticas para o ensino, através de estratégias investigativas que se adaptem para atender às necessidades específicas de cada contexto educacional.

Capítulo 3

METODOLOGIA

3.1 Modelo de pesquisa

A presente dissertação apresenta natureza qualitativa, sua aplicação está fundamentada em referencial teórico pautado nos princípios do ensino por investigação. O estudo desenvolvido possui coleta de dados através da observação e análise de interações discursivas extraídas das transcrições de áudio gravados durante as aulas e de um questionário aplicado ao final das atividades.

3.2 Lócus da pesquisa

A pesquisa aconteceu na Universidade Estadual do Piauí (UESPI) - Campus Torquato neto, através de um curso de extensão realizado no período de férias chamado “A Química das plantas numa abordagem investigativa para o ensino”. O curso foi submetido por meio de projeto de extensão à Pró-reitora de Extensão, Assuntos Estudantis e Comunitários – PREX/UESPI e divulgado através de cartazes em mídias digitais para estudantes de graduação que se interessassem e que fossem de áreas afins com o tema. Se inscreveram 13 voluntários, todos discentes, regularmente matriculados no curso de Bacharelado em Ciências Biológicas. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de ética em Pesquisa (CEP) local sob o parecer 5.397.627. A respeito dos princípios éticos, os participantes foram identificados durante a pesquisa como A1, A2, A3... e assim por diante, como forma de preservar sua identidade.

3.3 Percurso metodológico

A SEI – “A química das plantas” foi planejada em quatro momentos a partir de conceitos associados dos trabalhos de Pedaste et al. (2015) e Carvalho (2018), que

trazem características comumente presentes no ensino investigativo (Quadro 3.1). O curso teve um total de 20 horas distribuídas em 5 aulas de 4 horas cada.

Quadro 3.1. Quadro síntese das etapas da aplicação da SEI.

Etapas	Aula	Atividade	Carga horária
Momento 1: Contextualização e Orientação	1	<ul style="list-style-type: none"> Exposição dialogada com slides. Discussão em torno da pergunta norteadora. Identificação da planta e preparo do extrato. Orientação para pesquisa bibliográfica. 	4h
Momento 2: Sedimentando Conceitos	2	<ul style="list-style-type: none"> Apresentação da pesquisa pelos grupos. Continuação do preparo do extrato. Atividade de lúdica: Jogo Perfil Fitoquímico. 	4h
Momento 3: Experimentação e Descoberta	3	<ul style="list-style-type: none"> Prospecção fitoquímica e discussão dos dados coletados. 	4h
	4	<ul style="list-style-type: none"> Investigação do potencial antioxidante pelo teste do DPPH e discussão dos dados coletados 	4h
Momento 4: Confronto dos Dados e Avaliação	5	<ul style="list-style-type: none"> Discussão final e avaliação da SEI por meio de um questionário. 	4h

Fonte: autoria própria

Os discentes inscritos no curso foram adicionados em um grupo de *WhatsApp* criado para informar e sanar dúvidas. Por se tratar de um curso de extensão, realizado durante o período de férias, foi prevista a dificuldade de comunicação antes e durante os encontros. Em um contexto de pré-aula, orientou-se que os discentes se dividissem em três grupos. Cada um deles deveria escolher uma planta de sua preferência para que as investigações fossem realizadas a partir desta. Lembrou-se também, que durante a coleta da planta escolhida, os alunos deveriam fotografar diferentes partes (flor, folha e fruto, se possível) para que, posteriormente, as fotos fossem utilizadas para a identificação da espécie.

3.3.1. Momento 1: Contextualização e orientação

Inicialmente, a contextualização foi realizada por meio de uma sequência de slides contendo imagens de reportagens, matérias de jornais, filmes e séries demonstrando o uso e aplicação de algumas plantas pela sociedade (Figura 3.1). O propósito não foi repassar a informação completa, mas imagens chamativas com curiosidades para dar oportunidade dos estudantes se expressarem de forma espontânea.

Figura 3.1. Exemplo de slide utilizado na contextualização e discussão inicial acerca do uso das plantas.

O slide apresenta o título "ESTARÍAMOS DIANTE DE UMA ARMA BIOLÓGICA?" em um banner vermelho. Abaixo, há um banner da BBC NEWS BRASIL com o texto "O que é a ricina, substância letal encontrada em carta para Trump". À direita, uma imagem mostra um homem em um traje amarelo de proteção biológica em um laboratório, com o texto "Breaking Bad" sobreposto. Abaixo do texto principal, há duas opções de texto: "Encontrada naturalmente nas sementes da mamona;" e "Pode ser letal, se ingerida, inalada ou injetada, pode causar náuseas, vômitos, hemorragia interna e, por fim, falência de órgãos." Abaixo disso, há um botão verde com o texto "E o óleo de mamona?". Na parte inferior esquerda, há o texto "BBC News. O que é a ricina, substância letal encontrada em carta para Trump. 2020". Na parte inferior direita, há uma imagem de uma mão segurando sementes de mamona, com o texto "Ricasse Contigo" e "2019" sobreposto.

Fonte: adaptado de <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-54227230>

Com o ambiente preparado para começarmos as primeiras indagações, a questão norteadora (QN) foi lançada: “Por que algumas plantas têm ação medicinal ou praguicida e outras não?”. Aprofundou-se a discussão a partir da QN e cada grupo anotou em um papel suas hipóteses e, em seguida, compartilhou com os colegas suas respostas de forma oral a respeito da problemática.

Após o momento de discussão, os grupos foram orientados a realizar uma pesquisa bibliográfica, para ser apresentada no encontro seguinte. Cada grupo ficou responsável por uma das classes de metabólitos secundários: terpenos, compostos fenólicos ou compostos nitrogenados. A apresentação deveria abordar as vias de

biossíntese, estrutura química geral e função dos metabólitos nas plantas. A professora sugeriu como fonte de consulta o artigo “Estudo Químico das Principais Vias do Metabolismo Secundário Vegetal: Uma Revisão Bibliográfica” dos autores Barreto; Gaspi; Oliveira (2020).

Em seguida, os alunos foram orientados a iniciar o estudo da planta escolhida. Para a identificação da espécie, foi sugerida a utilização do aplicativo *App Picture This* (Figura 3.2). O aplicativo funciona por meio do reconhecimento de fotos de diferentes partes da planta. Com isso foi possível descobrir o nome das espécies coletadas, bem como algumas curiosidades de cultivo e uso.

Figura 3.2. Aplicativo *App Picture This*, usado para identificação das espécies de plantas coletadas pelos alunos para a investigação fitoquímica.



Fonte: adaptado de <https://www.picturethisai.com/pt/>

Uma vez identificada a espécie coletada, os grupos deram início ao preparo do extrato da planta. As folhas foram pesadas, higienizadas em água corrente e colocadas para secar em temperatura ambiente.

3.3.2 Momento 2: Sedimentando conceitos

Nesse encontro houve a socialização das pesquisas realizadas pelos três grupos. As apresentações aconteceram em forma de seminário e cada grupo ficou à vontade para compartilhar o material produzido. Logo após as apresentações, cada

grupo deu continuidade à preparação do extrato da planta de acordo com a metodologia de Matos (2009).

As folhas secas foram novamente pesadas, para verificar a quantidade de massa seca, e colocadas em um triturador de lâminas doméstico. Depois de pulverizadas, 8 g da amostra foi transferida para um frasco âmbar contendo 100 mL de álcool etílico 70% para a extração dos metabólitos. A suspensão foi homogeneizada e armazenada na geladeira a 4 °C por 7 dias, sendo os frascos agitados por 2 min a cada 2 dias (BESSA, 2013).

Ainda no 2º encontro, aplicou-se o jogo “Perfil Fitoquímico” com a finalidade de revisar os conceitos até o momento vistos de forma lúdica. O jogo foi inspirado no jogo de tabuleiro Perfil comercializado pela empresa GROW JOGOS E BRINQUEDOS LTDA.

Assim como o jogo de tabuleiro Perfil, o “Perfil Fitoquímico” é composto por cartas com dicas, a cada rodada uma carta é sorteada, os jogadores recebem dicas sobre o perfil secreto a ser desvendado. As regras e o jogo estão disponíveis para impressão no Apêndice A.

3.3.3 Momento 3: Experimentação e descoberta

Para este momento foi desenvolvido um roteiro interativo, para que os alunos preenchessem à medida que as observações aconteceram no 3º e 4º encontros (Apêndice B). O roteiro foi elaborado para as práticas experimentais de prospecção fitoquímica preliminar e para a análise da atividade antioxidante com DPPH•, de forma a permitir o levantamento de hipóteses a cada etapa e a instigar a discussão em grupo.

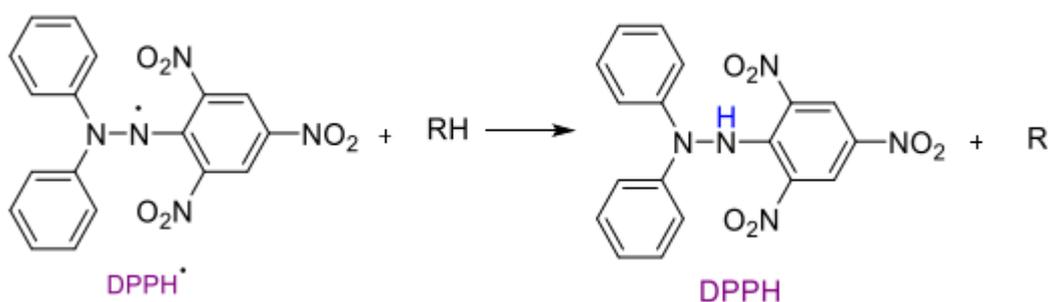
A investigação dos metabólitos secundários presentes nas amostras, realizada no 3º encontro, baseada na metodologia de Matos (2009). Já a determinação da atividade antioxidante, realizada no 4º encontro, foi avaliada por meio do método de 2,2-difenil-1-picrilidrazil (DPPH), de acordo com a metodologia adaptada de Rufino *et al.*, (2007).

O teste consiste no mapeamento do decréscimo da absorvância que a solução de DPPH apresenta quando em contato com uma amostra com potencial antioxidante. O decréscimo da absorvância é provocado pela associação de um elétron ou um átomo de hidrogênio à solução de DPPH• e avaliado por meio de um

espectrofotômetro, calibrado para leitura no comprimento de onda igual a 517 nm (Figura 3.3).

A partir dos valores de absorbância observados, a atividade antioxidante (%AA) para cada amostra foi determinada por meio da equação: $\%AA = 100 - [(Abs_{amostra} - Abs_{branco}) \times 100] / Abs_{controle}$.

Figura 3.3 Reação de redução do DPPH• a DPPH-H na presença de um composto antioxidante. A reação pode ser evidenciada pela mudança da cor da amostra de violeta escuro para parda.



Fonte: Oliveira, 2015

Outra forma de comparar a atividade antioxidante de amostras diferentes é a partir da estimativa da concentração efetiva de amostra necessária para reduzir 50% do DPPH• em solução (CE_{50}) (OLIVEIRA, 2015). Para isso, diluições em série de cada uma das três amostras foram realizadas e avaliadas pelo método DPPH•.

3.3.4 Momento 4: Confronto dos dados e avaliação

No 5º encontro, as observações registradas sobre os experimentos anteriores foram retomadas. Cada equipe estimou a CE_{50} para sua amostra com auxílio do programa Microsoft Office Excel 365 considerando o modelo de regressão linear entre as variáveis x (concentração da amostra) e y (atividade antioxidante). A partir dos dados, os grupos discutiram juntos e descobriram qual das amostras de plantas apresentou maior potencial antioxidante.

Após ampla discussão, os alunos responderam a um questionário individualmente com questões discursivas abrangendo os conteúdos vistos ao longo da SEI (Quadro 3.2).

Durante o período de aplicação das atividades, todas as aulas foram gravadas com um *smartphone* e transcritas pela pesquisadora para análise mais completa da

situação. Esta gravação foi utilizada para análise do contexto verbal e não-verbal construído em sala de aula e no auxílio da compreensão das atividades desenvolvidas com os participantes.

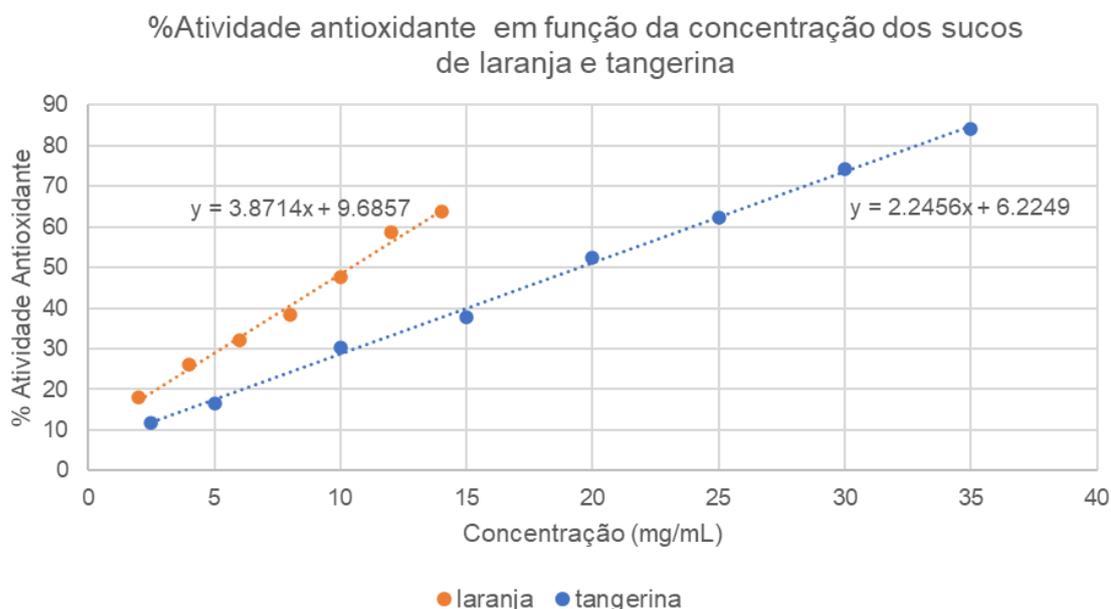
Quadro 3.2. Questionário final aplicado ao grupo de estudantes, voluntários no curso de extensão “A química das plantas”.

1° - Por que algumas plantas têm ação medicinal e/ou tóxica e outras não?

2° - Dentre os vários metabólitos secundários, cite um deles e uma característica, aplicação ou curiosidade deste.

3° - Os resultados da literatura foram conflitantes com os resultados encontrados da prospecção fitoquímica preliminar para a sua planta? A que você atribui esta diferença?

4° - A partir da análise do gráfico a seguir, responda:
Qual dos dois sucos tem maior potencial antioxidante?
Determina a concentração efetiva (CE_{50}) para cada uma das amostras a seguir e interprete-a.



Fonte: adaptado de Oliveira et al. (2020)

Fonte: Autoria própria

Os dados foram analisados a partir das interações discursivas e respostas dos alunos conforme sua relevância, levando-se em consideração os quatro momentos pedagógicos desenvolvidos durante a SEI. Assim sendo, a cada momento, as gravações foram analisadas para a identificação dos tipos de aprendizagem que impactaram no ensino-aprendizagem da temática. A ocorrência de 3 tipos de

competências de aprendizagem foi observada: a conceitual que trata de elementos específicos dentro do saber da área de fitoquímica; a atitudinal que revela o padrão de atitudes que fazem parte do comportamento do discente e a procedimental que se refere às estratégias utilizadas para compreensão do conteúdo (Barcellos e Coelho, 2019) (Figura 3.4).

Figura 3.4 Síntese das competências de aprendizagem trabalhadas na SEI – “A química das plantas”.



Fonte: Adaptado de Barcellos e Coelho (2019).

Capítulo 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Primeiro momento pedagógico

A SEI teve início com a exibição de uma sequência de slides. Ao apresentar notas informativas e curiosas sobre a planta mandioca (*Manihot esculenta*), a professora perguntou aos alunos se sabiam dizer o porquê de a mandioca ser tóxica. A discente identificada como A1 respondeu: “já vi jogarem o líquido da farinhada de mandioca fora, longe das plantas”, o que demonstrou que a estudante tem contato com a temática.

Quando questionados sobre a necessidade/utilidade dessa toxicidade para a própria mandioca, o discente A2 disse: “pode ser um mecanismo de proteção da planta”, trazendo para a conversa o conceito de atividades biológicas exercidas pelas plantas em resposta aos estímulos do meio ambiente (PEREIRA; CARDOSO; 2012).

Nota-se nas falas anteriores dos discentes, elementos da aprendizagem procedimental que são impulsionados a partir de aspectos atitudinais, pois A1 fez uma inferência com base em suas observações cotidianas, sobre a mesma ideia, A2 elaborou uma possível hipótese, que revelou um posicionamento mais crítico à indagação da professora.

Na sequência dos slides, a professora mostrou que a planta Espada de São Jorge (*Dracaena trifasciata*) que tem sido utilizada para fins medicinais, uma vez que é benéfica para os rins e sistema circulatório, no entanto, ressaltou que em quantidades erradas é tóxica para os humanos. A aluna A3 logo fez a associação: “É igual a semente da maçã que pode ser tóxica em grande quantidade”. Assim, observou-se que os estudantes já sabiam que a ação benéfica ou tóxica das plantas está vinculada à quantidade/concentração de uso, podendo ser dependente de fatores relacionados às plantas ou ao próprio indivíduo que utiliza espécies vegetais (CAMPOS *et al.*, 2016).

Em busca de proporcionar um ambiente investigativo, nesse primeiro momento, a docente oportunizou, por meio da contextualização, o levantamento dos conhecimentos prévios dos discentes sobre o tema para que a discussão sobre a temática se iniciasse. No ensino contextualizado os estudantes têm uma percepção de que o saber não é apenas um acúmulo de conhecimentos e que é possível relacionar fatos e acontecimentos do cotidiano com o conteúdo visto dentro de sala de aula. Tal forma de ensino acaba permitindo que os alunos consigam resolver situações problema de maneira mais eficaz na sua realidade (MAFFI *et al.*, 2019).

Ademais, observou-se que a sequência de slides apresentada possibilitou aos estudantes o compartilhamento do conhecimento empírico e de informações pessoais, tipicamente regionais. Ao apresentar uma manchete que lembrou a tentativa de envenenamento do ex-presidente dos Estados Unidos da América Donald Trump, o qual recebeu uma carta contaminada com ricina (BBC News Brasil, 2020), a professora esclareceu que esta é encontrada naturalmente nas sementes da mamona (*Ricinus communis*) e a partir dessa informação, fez indagações com o objetivo de confrontar os alunos e ampliar a discussão.

Quando questionados sobre o processo de extração do óleo de rícino, os alunos sabiam que o óleo é obtido da semente da mamona, mas não souberam descrever como isso é feito. Entretanto, os alunos generalizam para outro contexto, associaram com atividades típicas regionais como a torra da castanha de caju e a extração do óleo de coco que, como lembrado por A1, “...a castanha, quando eles torram libera uma substância tóxica e é por isso que eles (os quebradores de castanhas) tão perdendo até as digitais”. O aluno A5 completou que “É quase o mesmo procedimento da retirada do azeite de coco. A mãe retira desse jeito aí, na verdade ela torra o coco. Depois ela mói, e depois coloca para ferver e aí ela vai separando”. Podemos identificar nas falas de A1 e A5 a análise da informação trazida pela professora e a organização conceitual da informação.

No mesmo contexto, foi mostrado um slide sobre a atividade larvicida da planta pinhão-roxo (*Jatropha gossypifolia*) contra o mosquito da dengue (*Aedes aegypti*) (ARAÚJO *et al.*; 2018). A docente indagou se os alunos conheciam essa planta. A turma foi unânime, nesse momento, e A4 se manifestou dizendo que em sua casa “... tem praticamente todas as plantas que apareceram aí”, se referindo a sequência de slides e demonstrando o quanto as espécies apresentadas estão presentes no cotidiano dos alunos.

Ao final da contextualização, os alunos foram provocados com a QN “Por que algumas plantas têm ação medicinal e praguicida, e outras não?” Após o tempo de discussão (15 min), a professora cedeu a palavra às equipes para que apresentassem suas hipóteses (Quadro 4.1). Nesse processo, o diálogo entre os membros dos grupos é sempre incentivado para compreender que na produção do conhecimento científico, a livre circulação de ideias é parte importante no avanço da investigação (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017).

Quadro 4.1. Hipóteses levantadas pelos grupos de alunos em resposta a questão norteadora? “Por que algumas plantas têm ação medicinal e praguicida, e outras não?”

Grupo	Falas transcritas
G1	<i>“A gente colocou que as plantas possuem metabólitos secundários e dependendo do tipo e da concentração pode ser benéfica ou não, isso pode ser usado na medicina e também esses metabólitos secundários podem combater alguns microrganismos.”</i>
G2	<i>“Além dessa parte, nós colocamos também relações ecológicas, porque a gente diz que tem ação medicinal, mas essa ação medicinal é relativa porque pode ter a cadeia de algum composto e esse composto pode não ser benéfico. Mas esses compostos podem ser proteção, às vezes podem também produzir substâncias para atrair polinizadores ou animais. Às vezes pode ser relação não só contra microrganismos, mas também relação contra outras plantas uma que afasta outra ou que facilita o crescimento de outra.”</i>
G3	<i>“Então, a gente falou isso, mas de uma maneira muito mais resumida, depende do ambiente que ela cresce e dos predadores à sua volta, que irá influenciar. Se há estudos suficientes para lidar, por isso elas acabam sendo toxinas, depende de como essa proteína é metabolizada no nosso organismo, se ela tiver alguma uma ação pode ser medicinal ou de toxina, e se ela não tiver nenhuma ação não acontece nada. E basicamente, o que vocês falaram, ação no ambiente, atrair polinizadores, repelir animais e repelir outras plantas de competição. Então é basicamente isso.”</i>

Fonte: Dados coletados a partir das transcrições

Na discussão gerada pela QN, de forma geral, todos os grupos atribuíram as propriedades de ação medicinal ou praguicida à presença de “*substâncias produzidas pelas plantas para adaptação*”, contudo, o G1 destacou em sua fala “*a ação de metabólitos secundários*” como responsável por essas propriedades. Entretanto, é importante mencionar que o G1 foi o primeiro grupo a falar. Na sequência, G2 inicia dizendo “*Além dessa parte, nós colocamos também...*”, assim como o G3 que inicia a

resposta da seguinte forma “Então, a gente falou isso, mas de uma maneira muito mais resumida...”. Portanto, os grupos G2 e G3 iniciaram suas falas concordando com a fala do grupo anterior ao seu, dessa forma, pode-se afirmar que todos os grupos se referiram à presença dos metabólitos secundários, sem, contudo, mencioná-los.

Durante a apresentação dos slides notou-se o desenvolvimento de competências de aprendizagem tanto atitudinal quanto procedimental. Essa relação constante, só foi possível porque a SEI iniciou a abordagem do tema de forma contextualizada em busca de um diálogo em que os alunos se expressaram espontaneamente, respeitando as diferenças, permitindo um posicionamento crítico perante a QN. Além disso, esse momento oportunizou a análise e organização conceitual da informação que foram observadas nas hipóteses e inferências levantadas.

De início, constatamos que alguns estudantes já ouviram algo sobre metabolismo secundário, porém, demonstraram não ter conhecimento sobre as diferentes classes de metabólitos e nem conseguiram relacioná-los com as propriedades vegetais. Daí a importância desta SEI, ressignificar um conhecimento empírico, a partir do ensinamento de conceitos científicos (ZANETONI; LEÃO, 2022).

Nesse sentido, a docente fez uma breve explanação sobre o que seriam esses metabólitos secundários e orientou os grupos na pesquisa e elaboração de um seminário sobre uma das três grandes classes de metabólitos secundários: terpenos, compostos fenólicos ou compostos nitrogenados.

A docente destacou a importância de serem conhecidas as especificidades, como estruturas químicas que caracterizam cada grupo, o processo de síntese nas plantas, além da aplicabilidade desses compostos na sociedade. Um texto de apoio foi fornecido (BARRETO; GASPI; OLIVEIRA, 2020), no entanto, os estudantes foram estimulados a não ficarem presos ao material de apoio e a buscar outras formas de completar as informações.

Segundo o trabalho de Zanetoni e Leão (2022) o desenvolvimento de estratégias diversificadas que envolvam leituras de textos científicos, reportagens, experimentação, jogos, sempre organizado em etapas, seguido da inserção da pesquisa e troca de ideias, são vistos como eficientes e importantes para o desenrolar do tema a ser trabalhado nas sequências didáticas investigativas.

Dando sequência a SEI, com o auxílio do aplicativo *App Picture This* foi possível identificar as plantas trazidas por cada grupo: G1 - mamona (*Ricinus*

communis), G2 - hibisco (*Hibiscus rosa-sinensis*) e G3 - boldo (*Peumus boldus*). Buscando uma aprendizagem com significado, a atuação docente precisa estar contextualizada à realidade sociocultural do aluno, por isso a escolha das plantas foi livre entre os grupos, respeitando a cultura e o contexto social em que os alunos estão inseridos (FONTOURA; PEREIRA; FIGUEIRA, 2020).

O uso do aplicativo de celular permitiu que os alunos tivessem ao seu alcance um recurso tecnológico que funcionasse, visto que a identificação de plantas por um especialista da área não é simples e acessível. Apesar do aplicativo ser falível, uma vez que funciona a partir de imagens que o usuário utiliza, ele tem seus pontos positivos, pois, além de fornecer informações sobre a planta, dá dicas de cultivo e informações acerca da toxicidade animal. O uso de aplicativos móveis para estudos e aulas introdutórias, em atividades de pesquisa para o reconhecimento inicial das plantas ou como forma de contato inicial com a botânica tem sido um recurso pedagógico muito utilizado (AGUIAR *et al.*, 2022).

Após a identificação da amostra, os estudantes realizaram a pesagem em balança comum e limpeza das folhas em água corrente. As folhas foram mantidas sob papel toalha a temperatura ambiente para secagem até o próximo encontro. Neste momento foram levantadas algumas questões acerca da preparação do processo de secagem, com o objetivo de explorar habilidades práticas dos alunos com a aplicação do conhecimento na execução da tarefa (Quadro 4.2).

Em suma, observou-se que os alunos reconheceram a importância da desidratação do material e se posicionaram perante a situação-problema. Eles propuseram formas de fazer e verificar a desidratação das folhas (linhas 04, 05 e 10) e fizeram inferências ao demonstrar preocupação com a contaminação por microrganismos (linha 06), levantando a hipótese de que esses também podem produzir metabólitos secundários, o que interferiria na pesquisa (linha 08). Elaborar hipóteses, fazer ponderações, testar, discutir, são processos típicos em um ensino investigativo que foram observados durante essa discussão (CARVALHO, 2018).

Aqui manifesta-se a ideia que o educador pode contribuir no direcionamento da investigação. Ao propor uma aula experimental, sugere-se que essa seja organizada de forma a colocar o aluno diante de uma situação problema, direcionada para a resolução, que contribui para que o aluno raciocine logicamente sobre a situação e apresente argumentos na tentativa de apresentar soluções (SUART; MARCONDES, 2008).

Quadro 4.2. Diálogo acerca do processo de secagem das folhas.

Linha	Sujeitos	Falas Transcritas
01	Docente	<i>“Se o conteúdo da célula é rico em água e os metabólitos de interesse se encontram dentro das células, é mais interessante a planta desidratada?”</i>
02	Todos os Alunos	<i>“Sim.”</i>
03	Docente	<i>‘Como saber se a planta vai desidratar?’</i>
04	A9	<i>“Poderia ser feito uma exsicata.”</i>
05	A6	<i>“Poderia apertar o material e ele iria esfarelar.”</i>
06	A9	<i>“A exsicata evitaria até contaminação de fungos ou outros.”</i>
07	Docente	<i>“A contaminação iria atrapalhar a extração de metabólitos?”</i>
08	A9	<i>“Se tiver contaminação os fungos podem produzir alguns metabólitos e atrapalhar na identificação.”</i>
09	Docente	<i>“Como vou saber se a planta desidratou?”</i>
10	A6	<i>“Podemos pesar novamente.”</i>

Fonte: Dados coletados a partir das transcrições

4.2 Segundo momento pedagógico

Cada grupo compartilhou na forma de seminário o resultado da pesquisa que fora orientada no encontro anterior. As apresentações duraram em média 20 a 30 minutos. Notou-se que os estudantes se sentiram bastante motivados. Por meio de slides, compartilharam as vias de biossíntese, características estruturais e funcionais, bem como as diversas aplicabilidades que a sociedade faz dos metabólitos secundários estudados. Também trouxeram novas informações, como curiosidades e exemplos que não foram citados na literatura indicada, bem como foi possível perceber a abrangência em relação a outras fontes de pesquisas adotadas. Nesse aspecto, o mais importante não é o material em uso, mas as estratégias que o professor lança mão para que os alunos possam efetivamente investigar um tema em questão (SCARPA; SASSERON; SILVA, 2017). Na SEI, o seminário foi usado como uma estratégia para o desenvolvimento de competências procedimentais com aquisições de novas informações que em seguida foram compartilhadas por meio de exposição oral.

Após as apresentações, os estudantes deram continuidade à preparação dos extratos, realizaram novamente a pesagem das folhas secas e constataram que houve uma redução do peso (massa em g), o que foi atribuído ao processo de perda da água,

que já havia sido discutido anteriormente pelos alunos. Antes do preparo das soluções, a docente aproveitou o momento e discutiu com eles o porquê da escolha do álcool 70% como solvente, com o intuito de dar direcionamento para o que já havia sido sistematizado nas atividades anteriores (Quadro 4.3).

Quadro 4.3. Diálogo acerca da escolha do solvente para o preparo dos extratos.

Linha	Sujeitos	Falas transcritas
11	Docente	<i>“Em casa conseguimos fazer a extração com a técnica de infusão, como o calor age nesse processo de extração?”</i>
12	A6	<i>“Rompimento das células.”</i>
13	Docente	<i>“Então se queremos extrair os metabólitos de dentro da célula, poderíamos esperar ela “expelir”, certo? [...], mas na aula vamos extrair os metabólitos de dentro das células, como?”</i>
14	Docente	<i>“Podemos utilizar a temperatura, mas temos que tomar cuidado porque temperaturas elevadas podem romper as ligações químicas das moléculas que estamos procurando.”</i>
15	Docente	<i>“Do mesmo modo da temperatura, o solvente utilizado faz diferença. Para fazer um chá usamos água, mas podemos utilizar outro solvente, um exemplo comum que podemos usar?”</i>
16	A6	<i>“Álcool.”</i>
17	Docente	<i>“Como o caso das garrafadas, certo?”</i>
18	Docente	<i>“Por que o álcool e não água? Será que tem diferença?”</i>
19	A10	<i>“Tem, o álcool é mais eficiente para extração de metabólitos secundários.”</i>
20	A6	<i>“Não dissolve os componentes do extrato.”</i>
21	Docente	<i>“O álcool consegue solubilizar melhor os metabólitos que estamos em busca, como vocês mostraram na apresentação sobre os metabólitos, nem todos são solúveis em água.”</i>
22	A9	<i>“A partir de 6 carbonos ele já deixa de ser solúvel e quanto mais tiver, menos solúvel ele fica.”</i>
23	Docente	<i>“Então, quando utilizamos álcool temos mais chances de acessar os metabólitos que vamos investigar.”</i>

Fonte: Dados coletados a partir das transcrições

Durante o diálogo, observou-se que os discentes demoraram a compreender os motivos da escolha do uso do álcool na extração dos metabólitos secundários, mesmo sendo uma prática comum no comércio regional de plantas medicinais, na forma de garrafada nos mercados públicos da cidade (PASSOS *et al.*, 2018). Uma confusão de conceitos foi observada quando A6 (linha 20) afirmou que *“o álcool não dissolve os componentes do extrato”* quando, na verdade, ele queria dizer que o álcool não degrada ou não interfere nos componentes do extrato. Grande parte dos metabólitos secundários são solúveis em álcool, e ainda existem os solúveis em água,

sendo que a extração hidroalcoólica pode extrair compostos polares como apolares (CHAICOUSKI *et al.*, 2014).

Em seguida, a trituração do material foliar foi realizada e os alunos foram orientados a preparar uma solução na concentração de 80 mg/mL em álcool 70%. Os frascos foram identificados e armazenados na geladeira e a cada 2 dias os frascos foram agitados.

Antes de finalizar o segundo encontro, os grupos foram convidados a jogar o jogo “Perfil Fitoquímico”. Os estudantes jogaram em equipes e puderam consultar suas anotações. O jogo durou cerca de 40 minutos e foram utilizadas 15 cartas até o final da partida, demonstrando que as cartas construídas para o jogo foram suficientes, pois as equipes conseguiram chegar ao final do tabuleiro sem usar todas as cartas. O jogo possibilitou o desenvolvimento de competências de aprendizagem atitudinais, à medida que os alunos trabalharam em grupo e de forma colaborativa, promovendo o diálogo entre eles, com a dinâmica do jogo foi possível reforçar os conceitos adquiridos sobre os metabólitos secundários até este momento.

No início da partida os discentes demonstraram um pouco de dificuldade, pois, em sua maioria, não tinham familiaridade com as regras do jogo original, mas logo na primeira rodada, conforme jogavam, as regras ficaram mais acessíveis, facilitando o percurso e no final, a diversão foi garantida. A cada rodada ficavam mais instigados e competitivos. Recursos como jogos de tabuleiro e cartas estimulam os alunos à competição, com resultados incertos que não dependem somente do jogador, mas também de sorte (LEMES; SOUZA, 2021).

A adaptação do jogo Perfil, como um jogo pedagógico em que podemos ensinar e revisar novos conceitos é recorrente no ensino (PEDROSO; SCHULTER; RICHETTI, 2022; MELO; OLIVEIRA, 2022; PINTO *et al.*, 2021). Acreditamos que esse padrão comum observado de utilização acontece por se tratar de um jogo com regras fáceis de adaptação para diversas áreas do ensino.

Foi possível notar, ao longo da dinâmica, que algumas cartas exigiam mais de conhecimentos específicos referente aos metabólitos, para os quais alguns estudantes demonstraram um pouco mais de dificuldade, porém, todas as cartas sorteadas ao longo da dinâmica tiveram seu perfil secreto descoberto. Além disso, os estudantes relataram ao final que o jogo “*Trouxe dinamismo, despertou o interesse.*” e que foi “*importante para fixação do conteúdo e socialização da turma*”. Estes relatos evidenciaram os benefícios da utilização de jogos no ensino, gerando um ambiente

descontraído e socializado, proporcionando um aprendizado de maneira dinâmica (MIRANDA, 2022).

4.3 Terceiro momento pedagógico

A atividade de experimentação investigativa foi proposta na SEI para despertar o interesse do estudante com a temática científica. O roteiro de investigação experimental que foi disponibilizado foi articulado a partir da questão norteadora de natureza teórica, previamente contextualizada, para a qual nessa etapa da SEI buscou-se respostas por meio da atividade experimental.

Os extratos previamente preparados foram filtrados e armazenados em frascos escuros. A prospecção fitoquímica preliminar foi realizada pelos respectivos grupos de acordo com a metodologia de Matos (2009). A Tabela 4.1 sintetiza todos os resultados encontrados a partir da prospecção fitoquímica preliminar.

Tabela 4.1. Resultados da prospecção fitoquímica preliminar segundo a metodologia de Matos (2009), para as espécies: *Ricinus communis*, *Hibiscus rosa-sinensis* e *Peumus boldus*.

	<i>R. communis</i>	<i>H. rosa-sinensis</i>	<i>P. boldus</i>
Esteroides	+	+	+
Triterpenoides	-	-	-
Saponinas	-	-	-
Taninos	+	+	+
Flavonoides	+	-	+
Alcaloides	-	-	+

O sinal (+) indica presença e (-) ausência do constituinte químico. Fonte: Dados coletados pelo grupo de alunos durante a aplicação da SEI

A metodologia de identificação dos metabólitos secundários utilizada, baseia-se em utilizar os extratos com combinações específicas de reagentes. Como resultados positivos tem-se a mudança de cor ou a precipitação (SOARES *et al.*, 2016). Visto que se trata de uma metodologia que não requer reagentes químicos de difícil acesso, o docente da educação básica pode adaptá-la e também utilizá-la.

O roteiro disponibilizado para a aula foi cuidadosamente preparado e nele constavam reações para a identificação dos metabólitos secundários e algumas das propriedades que levaram a utilização de determinado reagente, visto que o objetivo principal da disponibilização do roteiro foi proporcionar a autonomia dos grupos durante a investigação e interpretação dos dados coletados, bem como das informações e ideias estruturadas para executar os procedimentos.

A partir da prospecção fitoquímica, os estudantes foram orientados a pesquisar e confrontar suas observações com a literatura. Nas aulas experimentais um bom problema é aquele que dá condições para que os alunos passem das ações manipulativas às ações intelectuais através da elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional e construção da linguagem científica (CARVALHO, 2018).

No encontro seguinte, quando confrontados sobre o resultado da pesquisa, os estudantes relataram que todas as espécies apresentavam divergências em relação à literatura. Aproveitando a constatação, a docente questionou “*Por que isso aconteceu?*”. Possíveis hipóteses foram levantadas pelos alunos: “*Talvez foi por causa da concentração*”; “*Talvez a planta não fosse madura o suficiente para produzir os metabólitos*”; “*A metodologia adotada na extração*” (pode ter sido diferente); “*Talvez as condições das plantas que coletou não fossem as mesmas*”. Notou-se que os alunos conseguiram compreender que os metabólitos secundários são produzidos pela planta como resposta ao meio no qual está inserida e que não é algo constante, assim como tratam Borges e Amorim (2020). Em geral, são produzidos, predominantemente, devido a estímulos climáticos (temperatura, intensidade de luz e efeito sazonal) e edáficos (MENEZES, 2020).

Uma segunda atividade experimental foi realizada na semana seguinte, a determinação do potencial antioxidante dos extratos por meio do método DPPH•. O DPPH• é um radical livre orgânico, amplamente utilizado como indicador de atividade antioxidante de extratos e óleos vegetais, sendo vantajoso por ser um radical estável. Por não ser um método específico para determinados tipos de substâncias, serve como um ensaio simples para avaliar o potencial antioxidante total de amostras vegetais (PIRES *et al.*, 2017).

A investigação do potencial antioxidante de plantas tem sido relevante, uma vez que compostos com essa propriedade têm ganhado importância devido ao seu duplo papel na indústria alimentícia como estabilizadores lipídicos e na medicina

preventiva como supressores da oxidação excessiva que causa câncer e envelhecimento (RAMADAN; MOERSEL, 2006).

A partir dos extratos preparados no encontro anterior [80 mg/mL] os discentes realizaram uma diluição e prepararam uma solução-uso a 5 mg/mL, a qual foi analisada pelo método DPPH•. Os valores observados da absorbância para cada uma das amostras, branco e controle, foram usados para o cálculo da % AA (Tabela 4.2).

Tabela 4.2. Avaliação quantitativa da atividade antioxidante dos extratos foliares testados, na concentração de 5 mg/mL.

Espécie	*Abs. amostra (1)	Abs. branco (2)	(1) - (2)	Abs. controle	% AA**
<i>R. ricinus</i>	0,130	0,004	0,126	0,401	68,57
<i>P. boldus</i>	0,333	0,006	0,327	0,401	18,45
<i>H. rosa-sinensis</i>	0,408	0,001	0,407	0,470	13,40

*Abs - absorbância **% AA - Atividade Antioxidante = $100 - [(Abs. amostra - Abs. branco) \times 100] / Abs. controle$. Fonte: Dados coletados pelo grupo de alunos durante a aplicação da SEI

Os grupos foram capazes de definir a % AA dos extratos e comparando seus resultados verificaram que a mamona apresentou maior potencial antioxidante. Em seguida, os alunos foram instruídos a determinar a concentração efetiva (CE₅₀) de cada amostra. Com base na %AA, os alunos perceberam que era necessário realizar diluições seriadas do extrato de *R. communis*, partindo da concentração de 5 mg/mL, efetuaram diluições para 2,5; 1,25; 0,68 e 0,31 mg/mL.

Os outros dois grupos perceberam que a % AA já estava abaixo de 50% e que fazer diluições seriadas não os ajudaria a determinar a CE₅₀. Assim, esses grupos retornaram ao extrato original, na concentração de 80 mg/mL e a partir dele realizaram três diluições (40, 20, 10 e 5 mg/mL).

De posse das absorbâncias observadas para cada concentração dos extratos de *R. communis*, *H. rosa-sinensis* e *P. boldus*, foram calculados os respectivos percentuais de atividade antioxidante (Tabela 4.3). A partir da análise dos resultados para cada uma das amostras, os estudantes foram orientados a construir um esboço gráfico da % AA em função da concentração.

Atividades como essa são importantes para o desenvolvimento de outras linguagens da ciência, uma vez que somente as linguagens verbais (escrita e oral) não são suficientes para comunicar o conhecimento científico (CARVALHO, 2020). Dessa forma, podemos ampliar o desenvolvimento de conteúdos procedimentais e

atitudinais, os estudantes por meio da linguagem matemática ou através de tabelas e gráficos estruturam ideias e exploram outras formas de organizar a informação e comunicar seus resultados.

Tabela 4.3. Dados para construção do gráfico de Concentração x Atividade antioxidante e cálculo do CE_{50} das amostras de *R. communis*, *H. rosa-sinensis* e *P. boldus*

<i>R. ricinus</i>		<i>P. boldus</i>		<i>H. rosa-sinensis</i>
[] (mg/ mL)	% AA	[] (mg/ mL)	% AA	%AA
0,63	13,8	5	18,45	13,4
1,25	19,8	10	7,9	17,44
2,5	36,7	20	84,69	19,36
5	68,57	40	103,11	39,6
-	-	80	94,17	71,5

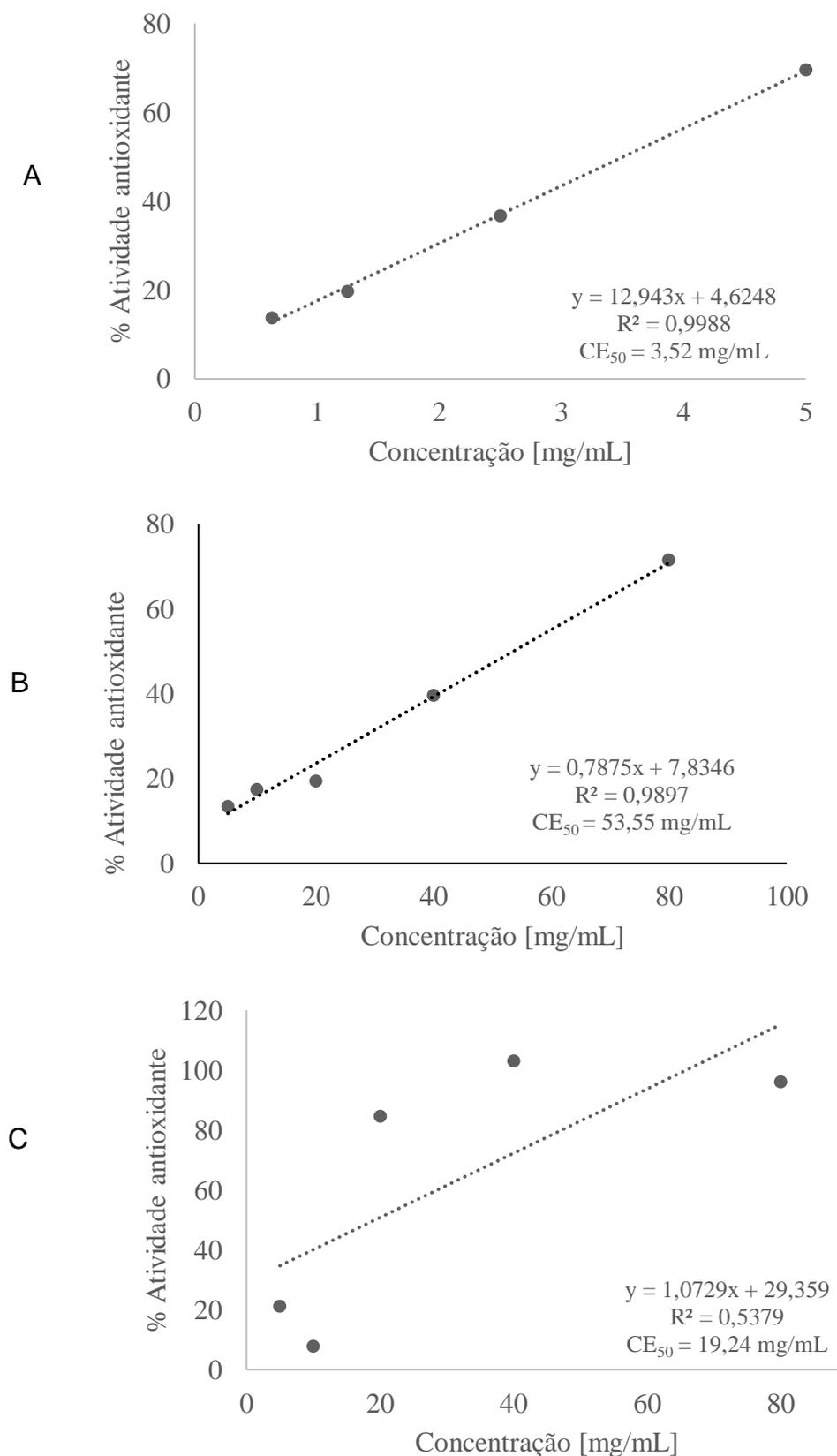
Fonte: Dados coletados pelo grupo de alunos durante a aplicação da SEI

4.4 Quarto momento pedagógico

As anotações realizadas de concentração x % AA para cada extrato foram transferidas para o computador e, com o auxílio do programa Microsoft Office Excel 365, gráficos para expressão dos dados foram construídos (Figura 4.1). Os valores de CE_{50} foram determinados através das equações das retas obtidas de acordo com o modelo de regressão linear, tendo estes demonstrado que o extrato de *R. communis* (3,52 mg/mL) é cerca de 5 vezes mais antioxidante que o extrato de *P. boldus* (19,24 mg/mL) e 15 vezes mais antioxidante que o extrato de *H. rosa-sinensis* (53,55 mg/mL), corroborando com os resultados da avaliação quantitativa da % AA das amostras na concentração inicial de 80 mg/mL.

Ainda nesse encontro, os alunos responderam individualmente a atividade avaliativa (Quadro 3.2). Na primeira questão retomou-se a pergunta problematizadora que norteou o início das discussões: “Por que algumas plantas têm ação medicinal e/ou tóxica e outras não?” As respostas mais frequentes relacionaram essas propriedades à produção de metabólitos secundários em resposta à adaptação das plantas. Tais respostas estão de acordo com o que foi apresentado durante o curso, uma vez que a capacidade fitoterápica das plantas, assim como sua capacidade tóxica, pode ser atribuída a presença dos metabólitos secundários manifestados a partir de estímulos do meio (MENEZES, 2020).

Figura 4.1. Gráficos de Concentração x Atividade antioxidante para o extrato hidroalcoólico de A - *R. communis*. B - *H. rosa-sinensis* e C - *P. boldus*



Fonte: Dados coletados pelo grupo de alunos durante a aplicação da SEI

Comparado as respostas dadas a QN no primeiro momento pedagógico com as respostas a primeira questão do questionário, observamos que nesse último, as respostas estão mais estruturadas e mais pertinentes ao tema, com posicionamento crítico e investigativos comuns a aprendizagens atitudinais.

Na segunda questão foi solicitado aos estudantes que citassem um dos metabólitos secundários estudados e atribuíssem a estes as propriedades e características (Quadro 4.4). Observou-se que os estudantes conseguiram abranger todas as classes de metabólitos secundários, bem como citaram características correspondentes a vários destes. Além disso, os discentes trouxeram as estruturas e vias de biossíntese, demonstrando que de fato se interessaram em pesquisar sobre o tema.

Quadro 4.4. Respostas dos estudantes referentes à questão 2: “Dentre os vários metabólitos secundários estudados, cite um deles e uma característica, aplicação ou curiosidade”.

Identificação	Resposta
Aluno A1	“Compostos fenólicos, é um grupo de metabólito secundário que possui um grupo fenol e uma hidroxila ligado. São responsáveis pela produção de lignina que fortalecem, fornece rigidez a planta, como alguns pigmentos responsáveis para a atração de polinizadores como antocianinas, além disso, outros compostos fenólicos são substâncias alelopáticas.”
Aluno A2	“Os compostos fenólicos representam uma classe de metabólitos secundários de plantas que tem por característica estrutural um grupo fenol (hidroxila ligada a um anel aromático). No entanto, esta molécula é bastante “variada” dependendo das quantidades de hidroxila, o que define a complexidade das subclasses existentes, que são: Os flavonoides, taninos e ácidos fenólicos. Assim sendo, estes apresentam um grupo bem grande de moléculas, e além de participarem de mecanismos de defesa, também participam na cor e sabor de alimentos.”
Aluno A3	“Alcaloides. Descobri que é por conta dele que muitas plantas têm sabor amargo.”
Aluno A4	“Saponinas. As plantas que possuem saponinas são utilizadas para uma forma de pesca, pois quando sacudidas na água liberam uma espuma que causa intoxicação e morte nos peixes. Esta forma de pesca era bastante utilizada, porém foi proibida em alguns lugares, devido o risco de intoxicação no ser humano.”

Aluno A5	“Compostos fenólicos; apresenta o anel aromático, ação antioxidante, e quando misturado com ácido sulfúrico tem característica explosiva.”
Aluno A6	“Os taninos fazem parte do grupo fenólico tendo uma característica de sabor e textura adstringente. Apesar de estar muito presente em vinho pode ser encontrado em doces, como chocolate.”
Aluno A7	“Flavonoides, os flavonoides possuem ação antioxidante, anti-infecciosa, antialérgica pode ser consumido diretamente do material vegetal através do chá.”
Aluno A8	“Saponina, um esteroide com ação semelhante ao detergente de cozinha, onde, geralmente, ao ser chacoalhada em água provoca bolhas. Em algumas tribos indígenas, plantas que contém saponina são utilizadas na pesca.”
Aluno A9	“Podemos citar a morfina, em alcaloide com ação anestésica, na planta serve como ação anti herbivoria entorpecendo os sentidos do predador, o ser humano usa essa substância em hospitais e remédios como paliativos para dores intensas.”
Aluno A10	“Os flavonoides apresentam uma atividade biológica anti-inflamatória, antimicrobiana e são ótimas para a prevenção de certas doenças, como por exemplo, doenças cardiovasculares, por isso a importância de se ter uma alimentação rica nesses metabólitos.”
Aluno A11	“Os monoterpenos pertence a classe dos terpenos. Eles são formados por 10 C e são muito voláteis. Somando-se a isso, os monoterpenos são utilizados na indústria de cosmético para a fabricação de perfumes.”
Aluno A12	“Flavonoides, possui características que desempenham funções antioxidantes. Tem presença em uvas, maçãs, laranjas. Além disso, os flavonoides podem ser antivirais.”

Fonte: dados coletados a partir do questionário.

Nas respostas dos alunos, observou-se a predominância do grupo de compostos fenólicos, os quais foram citados por seis alunos, dentre os mais frequentes estão: flavonoides, taninos, lignina e antocianinas. Em contrapartida, os compostos nitrogenados foram citados por dois alunos que relataram “*não existir muitos trabalhos*” sobre este grupo na literatura, “*falta informação sobre compostos nitrogenados*”. De acordo com Oliveira *et al.*, (2009) são reduzidos os relatos envolvendo as atividades biológicas deste grupo.

A quarta questão trouxe um gráfico da atividade antioxidante (%AA) x concentração dos sucos de laranja e tangerina, adaptado do trabalho de Oliveira *et al.* (2020). Somente um aluno não identificou qual dos dois sucos tinha maior atividade antioxidante. Embora os demais tenham apontado o suco de laranja como o mais antioxidante, três deles não conseguiram determinar a CE_{50} para explicar como chegaram à conclusão. A dificuldade em realizar cálculo tem sido constante no ensino, em todos os níveis de aprendizado, o que demonstra que um dos maiores obstáculos que os estudantes apresentam está no entendimento das noções matemáticas (CAVASOTTO; VIALI, 2011).

Durante e após o desenvolvimento das atividades, verificou-se que os estudantes se sentiram confortáveis em expressar seus conhecimentos, ressignificando procedimentos experimentais, ao invés de mecanizá-los. Apropriaram-se de conceitos científicos a respeito da fitoquímica e dos metabólitos secundários, em si, para entender e investigar por que algumas plantas têm ação medicinal ou praguicida.

Tendo em vista a natureza qualitativa da pesquisa, observou-se, tanto nas respostas ao questionário, quanto nas falas dos estudantes apresentadas ao longo da SEI que a busca de conexão entre a temática das plantas e a fitoquímica proporcionou um aprendizado significativo, com a aprendizagem de competências conceituais próprias da área, mas também de competências atitudinais e procedimentais como as descritas por Barcellos e Coelho (2019).

Capítulo 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A SEI aplicada em uma turma do ensino superior do curso de biologia evidenciou que é possível trabalhar o conteúdo de fitoquímica utilizando metodologias investigativas. Dessa forma, os educadores podem intervir de forma significativa na aprendizagem tanto por abordarem uma didática capaz de construir um ambiente investigativo, como abordar uma temática importante. Entretanto, vale ressaltar que a SEI apresentada pode ser adaptada para a educação básica, visto que o conhecimento da química das plantas é de extrema importância para a sociedade. Recomendamos, que ao usar a SEI o professor considere as vivências do público interessado, a exemplo na escolha da planta a ser investigada.

Além da reflexão sobre os elementos da prática científica, o educando pôde compreender que os conhecimentos de química, de alguma maneira, podem estar relacionados com o seu cotidiano. A partir da contextualização a respeito de alguns princípios ativos, substâncias químicas presentes nas plantas e o potencial em uma planta medicinal ou efeitos colaterais de plantas praguicidas, pôde-se estabelecer uma reflexão crítica quanto ao uso indiscriminado de tais substâncias ou até despertar o pensamento investigativo sobre uma nova planta de seu interesse ou convívio.

Ao longo da SEI, a concepção sobre o que é fitoquímica foi se desenvolvendo conforme os alunos iam aprofundando seus conhecimentos baseados no pensamento crítico e científico para além do conhecimento empírico sobre a temática. Poucas dificuldades foram enfrentadas pelos alunos na execução da SEI, visto que são discentes que já desenvolvem projetos de pesquisa e estão imersos nos diferentes laboratórios da instituição. Isso contribuiu para a utilização de vidrarias e conceitos gerais ao executar a prática através do roteiro interativo. Ademais, o interesse dos alunos demonstrado pela temática e pela investigação contribuíram para que o curso de extensão “A química das plantas” fosse bem recebido.

Por fim, a oferta da SEI na forma de curso de extensão permitiu trazer para a formação em nível superior um incentivo à aproximação dos procedimentos e atitudes

do fazer científico, sem as limitações de seguir um conteúdo programático esperado a determinado componente curricular.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, W. P. de.; NOJOSA, D.M. B.; VASCONCELOS, F. H. L. Aplicativos Móveis Utilizados no Ensino de Biologia: Uma Revisão Sistemática de Literatura. **Revista Vitruvian Cogitationes**, v. 3, n. 1, p. 94-113, 13 jun. 2022.

ARAUJO, J. R. da S. *et al.* Efeitos larvicidas, citotóxicos e genotóxicos do extrato aquoso de folhas de *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. *Acta Scientiarum. Ciências Biológicas*, v. 40, pág. 1-7, 2018.

BACICH, L.; MORAN, J. (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. 1. ed. Porto Alegre: Penso, 2018.

BARCELLOS, L.; COELHO, G. R. Uma análise das interações discursivas em uma aula investigativa de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental sobre medidas protetivas contra a exposição ao sol. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 1, p. 179-199, 2019.

BARRETO, S.; GASPI, F.; OLIVEIRA, C. Estudo químico das principais vias do metabolismo secundário vegetal: uma revisão bibliográfica. **Revista Científica da FHO**. Fundação Hermínio Ometto, v. 8, n. 1. 2020.

BESSA, N. et al.. Prospecção fitoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento Vale Verde - Tocantins: **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, p. 692–707, 2013.

BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos Secundários de Plantas. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v. 11, n. 1, p.54-67, 2020. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/view/9705> . Acesso em: 13 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na Atenção Básica**. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2012.

BRAZ FILHO, R. B. Contribuição da Fitoquímica para o Desenvolvimento de um País Emergente. **Química Nova**, v.33, No. 1, p. 229-239, 2010.

CAMPOS, S. C. *et al.* Toxicidade de espécies vegetais. **Revista Brasileira de plantas medicinais**, v. 18, p. 373-382, 2016.

CARVALHO, L. E. F.; OLIVEIRA, E. A.; BIZERRA, A. C. Ensino por investigação em uma perspectiva integrada: uma abordagem para os projetos integradores. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica, [S. l.]**, v. 2, n. 15, p. e7251, 2018. DOI: 10.15628/rbept.2018.7251. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/RBEPT/article/view/7251>. Acesso em: 15 jan. 2024.

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018.

CARVALHO, A. M. P. de *et al.* *O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.* São Paulo: Cengage Learning, v. 1, p. 1-19, 2020.

CHAICOUSKI, A. et al. Determinação da quantidade de compostos fenólicos totais presentes em extratos líquido e seco de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 1, p. 33-41, 2014.

CAVASOTTO, M.; VIALI, L. Dificuldades na aprendizagem de cálculo: o que os erros podem informar. **BOLETIM GEPEM**. n. 59 – jul - dez. 2011. 15 - 33p.

COELHO, F. J. *et al.* Popularização da ciência, educação popular e ensino de ciências e saúde a partir do voluntariado: potencialidades e limitações no projeto PEPCiências na visão dos monitores. **Revista de Educação Popular**, v. 19, n. 3, 2020.

COSTA, J.; SILVA, F.; NICOLLI, A.; SILVA, A. Dos saberes tradicionais aos saberes escolares: como pensar as aulas de química a partir das propriedades medicinais das folhas da amora preta, atribuídas pelo saber popular consagrado. **Revista de Estudos y Experiencias en Educación**. v. 19, nº 41, dez, 2020 p. 345 - 357. Doi: 10.21703/rexe.20201941dasilva19.

Da SILVA JUNIOR, João Mauro; COELHO, G. R. O ensino por investigação como abordagem para o estudo do efeito fotoelétrico com estudantes do ensino médio de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 51-78, 2020.

DE FREITAS, V. M.; SOARES, Maria das Graças PEREIRA, M. G. Os saberes de experiência feito da infância em território de terra firme: Contribuições para a construção de um currículo crítico-transformador na educação infantil. **Série Educar-Volume 8 Educação Infantil**, p 45. 2020.

FIGARO, A. K.; FONSECA, E. M. da; LINDEMANN, R. H. Saberes populares, Química e plantas medicinais: uma abordagem de ensino para o nível secundário com base em atividades práticas. **Revista de Educação Popular**, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 239–259, 2022. DOI: 10.14393/REP-2022-63484. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/reveducpop/article/view/63484>. Acesso em: 17 set. 2023.

Fontoura, H., Pereira, E. G. C., y Figueira, S. T. (2020). Formação de Professores de Ciências no Brasil e Alfabetização Científica: desafios e Perspectivas. **Uni-Pluriversidad**, 20(1), e2020106. doi: 10.17533/udea.unipluri.20.1.07.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Esperança: um reencontro com a Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. 43 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra. 2005.

- GONÇALVES, R. P. N.; GOI, M. E. J. Uma revisão de literatura sobre o uso da experimentação no ensino de química. **Comunicações**, Piracicaba, v. 25, n. 3, p. 119-140, set-dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.15600/2238-121X/comunicacoes.v25n3p119-140>. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-unimep/index.php/comunicacoes/article/view/3741/2245>>. Acesso em: 16 nov. 2021.
- LEMES, A.; SOUSA, S. de. Jogos na educação química a partir da classificação de Roger Caillois. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, [S. l.], v. 5, n. 1-2, 2021. DOI: 10.30691/relus.v5i1-2.2886. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/relus/article/view/2886>. Acesso em: 18 nov. 2023.
- LIMA, L. P.; PINHEIRO, E. B. F. .; GOIS, K. M. S. .; SILVA, N. C. O. .; SILVA, C. Y. da. The use of natural products as an alternative for teaching chemistry: A review. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 7, p. e2111729588, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i7.29588. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/29588>. Acesso em: 12 jan. 2024.
- LOVATO, F. L.; MICHELOTTI, A.; SILVA L., ELGION, L. Metodologias ativas de aprendizagem: uma breve revisão. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 2, 2018.
- Luz Júnior, G. E. da ., Sousa, S. A. A. de ., Moita, G. C., & Moita Neto, J. M.. (2004). Química geral experimental: uma nova abordagem didática. **Química Nova**, 27(1), 164–168. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000100028>.
- MAFFI, C.; PREDIGER, T.; FILHO, J.; RAMOS, M. Contextualização na aprendizagem: percepções de docentes de ciências e matemática. **Revista Conhecimento Online**, [S. l.], v. 2, p. 75–92, 2019. DOI: 10.25112/rco.v2i0.1561. Disponível em: <https://periodicos.feevale.br/seer/index.php/revistaconhecimentoonline/article/view/1561>. Acesso em: 16 jun. 2023.
- MATOS, F. J. A. *Introdução a Fitoquímica Experimental*. Fortaleza: Edições UFC, 2009. 150 p.
- MELO, M. R. S.; OLIVEIRA, H. V. C. Perfil de Bioquímica: um jogo coletivo com interface física e digital. **Revista de Ensino de Bioquímica**, v. 20, n. 1, p. 1-15, 2022.
- MENEZES, S. Plantas e metabólitos secundários: uma proposta para o ensino de química orgânica. 2020. 127p. Dissertação (Mestrado em Química). *Universidade Tecnológica Federal do Paraná*. Medianeira. 2020.
- MIRANDA, A. *Os jogos no processo educativo em uma escola do campo*. 2022. 31p. Dissertação (Graduação em Pedagogia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa. 2022.
- MORENO, G. S., SILVA, G. da. (2017). Conhecimentos tradicionais em torno das plantas medicinais e currículo do ensino de ciências. **Revista Brasileira De Educação Do Campo**, 2(1), 144–162. <https://doi.org/10.20873/uft.2525-4863.2017v2n1p144>

MOREIRA, F. T.; VIEIRA, C.T. Abordagem da temática das plantas num contexto EDS orientado para o pensamento crítico no 1ºCEB. **Indagatio Didactica**. v. 8, n. 1, jul./2016. ISSN: 1647-3582. DOI: <https://doi.org/10.34624/id.v8i1.3567>. Disponível em:< <https://proa.ua.pt/index.php/id/article/view/3567/2766>>. Acesso em: 16 nov. 2021.

NOGUEIRA, L. J.; MONTANARI, C. A.; DONNICI, C. L. Histórico da Evolução da Química Medicinal e a Importância da Lipofilia: de Hipócrates e Galeno a Paracelsus e as Contribuições de Overton e de Hansch. **Rev. Virtual Quim.**, 2009, 1 (3), 227-240. Data de publicação na Web: 8 de Agosto de 2009.

DE OLIVEIRA, S. M. S.; DA SILVA, C. D. M. Formação de professores em tempos de retrocesso: o que dizem os documentos oficiais?. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 141-152, 2021.

OLIVEIRA, J. R. S. de. A Perspectiva Sócio-histórica de Vygotsky e suas Relações com a Prática da Experimentação no Ensino de Química. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 25-45, Nov. 2010. ISSN 1982-5153. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6170770>. Acesso em: 13 nov. 2023.

OLIVEIRA, G. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH•: estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. 17 (1) • Jan-Mar 2015. https://doi.org/10.1590/1983-084X/12_165.

OLIVEIRA, V. et al. Atividade biológica e alcalóides indólicos do gênero *Aspidosperma* (Apocynaceae): uma revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 1, p. 92– 99, 2009.

PEDASTE, M.; MÄEOTS, M.; SIIMAN, L. A.; JONG, T.; RIESEN, S. A. N. V.; KAMP, E. T.; MANOLI, C. C.; ZACHARIA, Z. C.; TSOURLIDAKI, E. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, Volume 14, 2015, Pages 47-61, ISSN 1747-938X, <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X15000068>)

PEDROSO, J.; SCHLÜTER, G.; RICHETTI, P. Perfímica: um jogo didático para a revisão dos conteúdos de química orgânica. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, [S. l.], v. 6, n. Contínuo, 2022. Disponível em: <https://revistas.unila.edu.br/relus/article/view/3872>. Acesso em: 11 jan. 2024.

PEROZA, J. CIÊNCIA E EDUCAÇÃO EM PAULO FREIRE: PRESSUPOSTOS EPISTEMOLÓGICOS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS. **Ideação**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 109–129, 2021. DOI: 10.48075/ri.v24i2.25602. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/ideacao/article/view/25602>. Acesso em: 17 set. 2023.

PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. das G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. **Revista de Biotecnologia e Biodiversidade**, v. 4, 2012.

PINTO, L. Q. *et al.* Descobrimos os Elementos: a elaboração de jogos didáticos como alternativa de ensino. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 2247-2253, 2021.

PIRES, J. *et al.* Ensaio em microplaca do potencial antioxidante através do método de sequestro do radical livre DPPH para extratos de algas. **Instituto de Biociências**, Universidade de São Paulo, v. 12, p. 1-6, 2017.

RAMADAN, M. F.; MOERSEL, J. T. Triagem da ação antirradicalar dos óleos vegetais. **Revista de Composição e Análise de Alimentos**, v. 8, pág. 838-842, 2006.

RICINA. O que é ricina, substância letal encontrada em carta para Trump. BBC News Brasil, 20 set. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-54227230>.

RUFINO, M. *et al.* Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre DPPH. **Comunicado Técnico Online**. Fortaleza, jun. 2007

SOARES, N.; SANTOS, P.; VIEIRA, V.; PIMENTA, V.; ARAÚJO, E. Técnicas de prospecção fitoquímica e sua importância para o estudo de biomoléculas derivadas de plantas. **Enciclopédia biosfera**, [S. l.], v. 13, n. 24, 2016. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1089>. Acesso em: 16 jun. 2023.

SOLINO, A. P.; SASSERON, L. H. Investigando a significação de problemas em sequências de ensino investigativa. **Investigações em ensino de ciências**, v. 23, n. 2, p. 104-129, 2018.

SUART, R. de C.; MARCONDES, M. E. R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 8, n. 2, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4022>. Acesso em: 16 nov. 2021.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. **Tópicos Educacionais**, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

ZANETONI, V. A. L.; LEÃO, M. F. Análise da produção científica nacional sobre sequências didáticas investigativas utilizadas para ensinar Química (2016-2021). **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 1–25, 2022. DOI: 10.26843/rencima.v13n1a13. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/3265>. Acesso em: 13 nov. 2023.

Apêndice A

JOGO “PERFIL FITOQUÍMICO”

O jogo “Perfil Fitoquímico” foi inspirado no jogo de tabuleiro Perfil comercializado pela empresa GROW JOGOS E BRINQUEDOS LTDA.

Assim como o jogo de tabuleiro Perfil, o “Perfil Fitoquímico” é composto por cartas com dicas, a cada rodada uma carta é sorteada, os jogadores recebem dicas sobre o perfil secreto a ser desvendado.



PERFIL **FITOQUÍMICO**



Autores:

Me. Danielly Cristina e Silva Pessôa

Lic. Marcos Vinicius Carvalho

Dr. Pedro Marcos de Almeida

Dr^a. Francielle Aline Martins



Teresina
2024

SUMÁRIO

Particularidades do Jogo Perfil Fitoquímico	03
Objetivo	03
Componentes	04
Categoria das cartas	04
Preparação	04
Como jogar	05
Pontuação	06
Instrução	07
Tabuleiro	08
Cartas	09
Informações sobre o jogo	19
Cartas do sorte ou azar	21
Referências	26



para mais informações entre em contato:

Danielly Cristina e Silva Pessôa
dcesp@aluno.uespi.br



PERFIL FITOQUÍMICO



O jogo de tabuleiro “Perfil Fitoquímico” foi inspirado no clássico jogo de tabuleiro Perfil (Grow Jogo e Brinquedos LTDA). Assim como o jogo original, esse também é um jogo de perguntas e respostas no qual os jogadores tentam adivinhar um elemento específico a partir de dicas fornecidas. Aqui estão as regras básicas do jogo Perfil Fitoquímico:

1

Particularidades do Jogo Perfil Fitoquímico



- É uma versão para o ensino.
- As cartas foram adaptadas para o conteúdo pretendido (fitoquímica).
- Está dividido em três elementos específicos (sou um metabolito secundário; sou uma planta; sou uma bebida).
- Possui 20 cartas, com 10 dicas em cada.
- Os jogadores podem consultar suas anotações sobre o conteúdo.
- Joguem em equipes: ótimo para trabalhar com turmas e formar grupos, assim os membros do grupo podem trocar ideias entre si.

Objetivo

2

O objetivo do jogo é acertar corretamente o elemento específico escolhido a partir das dicas e percorrer todo o tabuleiro para chegar ao final e ser o vencedor.



3

Componentes



- Baralho de Cartas Perfil, cada uma com um elemento específico.
- Baralho de "Sorte ou Azar" .
- Tabuleiro do Jogo.
- Peças de jogo para cada jogador (para indicar a posição dos jogadores no tabuleiro).
- Dado.

Categoria das cartas

4



Preste atenção em cada uma das dicas, pois elas vão formar o Perfil do Metabólito secundário, da Planta ou da Bebida que deve ser desvendado.

- Metabólito secundário: pode ser do grupo dos Terpenos, grupo dos compostos Fenólicos e grupo dos compostos Nitrogenados (ex.: Flavonoide, taninos).
- Planta: qualquer planta, geralmente já conhecida por ter alguma propriedade medicinal ou tóxica (ex.: mamona, boldo).
- Bebida: bebidas popularmente conhecidas (ex.: chá)

5

Preparação



- Coloque o tabuleiro no centro da mesa.
- Cada jogador escolhe uma peça para lhe representar e coloca na casa inicial do tabuleiro.
- Embaralhe as cartas Perfil e coloque-as próximo ao tabuleiro.
- Embaralhe as cartas "Sorte ou Azar" e coloque-as próximo ao tabuleiro

6

Como jogar



- Os jogadores decidem entre si quem começará o jogo. Este jogador será o mediador. Ele deve pegar uma carta e dizer aos demais que elemento específico é apenas, as demais informações ficam em segredo.
- O jogador sentado à esquerda do mediador escolhe um número de 1 a 10.
- O mediador lê em voz alta a dica de número escolhido pelo jogador da vez.
- Após a leitura da dica, o jogador pode dar um palpite sobre a identidade do elemento específico. Não respondendo ou errando o palpite, passa a vez ao jogador à sua esquerda.
- Se o jogador acertar o palpite: neste caso, o mediador descarta a carta e avança os peões (veja item 7 pontuação). O jogador à esquerda, então, é que passa a ser o mediador.
- Se o jogador errar o palpite: neste caso, a vez de jogar passa para o próximo jogador à esquerda, que fará a mesma coisa, escolherá um número de 1 a 10 (dentre os que ainda não foram escolhidos), receberá a dica e dará seu palpite. E assim sucessivamente.



- 
- Cada carta vale 10 pontos, que são divididos entre o mediador e o jogador que acerta o palpite. O mediador recebe um ponto para cada dica revelada. O jogador que acertar seu palpite receberá um ponto para cada dica que não precisou ser revelada.
 - Os pontos correspondem aos espaços que os peões irão avançar no tabuleiro.
 - Caso o jogador acerte na 3ª dica, então ele irá avançar 7 casas; nesse caso o mediador irá avançar 3 casas apenas.
 - Caso acontecer de serem reveladas 9 dicas de uma carta, sem que um palpite certo seja dado, o próximo jogador deverá ouvir a última dica, pois ela poderá conter uma instrução (veja item 8 instruções). Neste momento já não importa se esse jogador acertará ou não seu palpite, pois o mediador dessa rodada já terá marcado sozinho os 10 pontos (as 10 dicas reveladas)



8

Instrução



- Ao escolher um número o jogador pode receber uma instrução em vez de uma dica.
- Perca sua vez: o jogador perde o direito de dar um palpite, e a jogada passa para o próximo.
- Avance (ou volte) "X" casas: o peão do jogador avança ou volta o número de espaços mencionado.
- Sorte ou Azar: nessa instrução o jogador será direcionado para outro baralho com outro tipo de carta. Essa carta irá conter uma estrutura de um metabólito secundário para ser revelado. O jogador observará a carta e tentará identificar a que grupo de metabólito secundário aquela estrutura pertence. Se o jogador acertar, avança 3 casas, se o jogador errar, volta 3 casas no tabuleiro. No tabuleiro há casas com uma estrela desenhada, quando um jogador parar nessa casa ele também terá direito pegar uma carta "Sorte ou Azar".



PERFIL

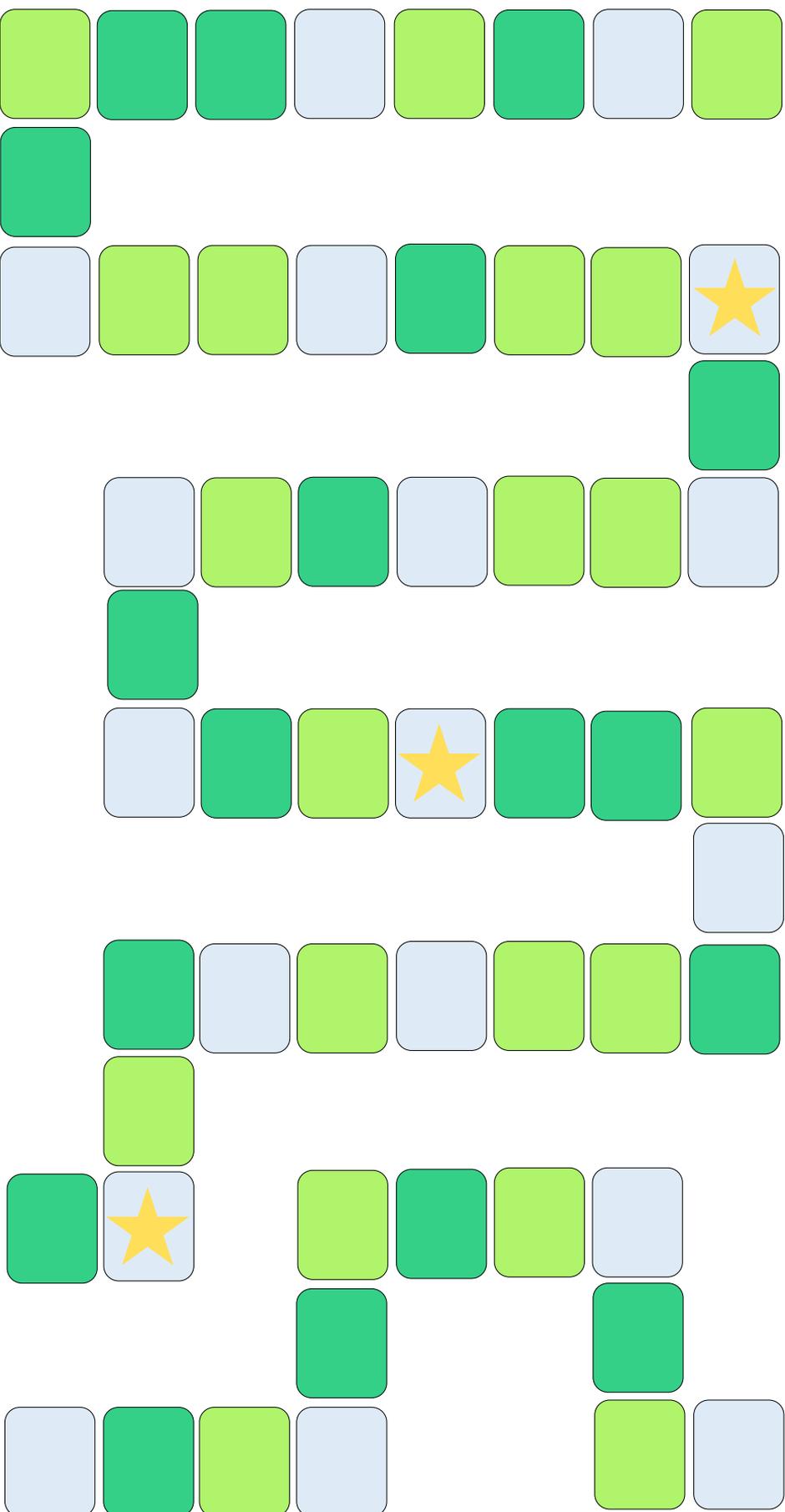


FITOQUÍMICO



SAÍDA

CHEGADA



1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

 Recorte as cartas



SOU UMA BEBIDA CHÁ

1. Sou consumido em muitas culturas.
2. Sou famoso entre os ingleses.
3. Meu efeito antioxidante me faz uma bebida benéfica à saúde.
4. Avance 2 casas.
5. Sou produzida de raízes, folhas ou outras partes das plantas.
6. Meu preparo pode ser por infusão ou decoção de plantas.
7. Posso ser consumido frio ou quente.
8. Perca sua vez.
9. Sou uma das bebidas mais antigas do mundo.
10. Posso ser uma bebida doce, amarga e até azeda.



SOU UMA BEBIDA VINHO

1. Perca a vez.
2. Sou servido em uma taça elegante.
3. Sou uma bebida rica em taninos.
4. Volte 1 casa.
5. Meu consumo pode reduzir problemas cardiovasculares.
6. Sou consumido em muitas celebrações festivas.
7. Para equilibrar meus taninos eu preciso ser envelhecido.
8. Sou uma bebida antioxidante.
9. Sou produzido da fermentação do suco de uvas.
10. Avance 2 casas.



SOU UM METABÓLITO SECUNDÁRIO FLAVONOIDE

1. Meu uso na alimentação é importante para a saúde
2. Perca sua vez.
3. Tenho dois anéis aromáticos e um anel heterocíclico.
4. Faço parte dos Compostos Fenólicos.
5. Sou muito conhecido como "Pigmento das flores".
6. Tenho uma grande utilidade para as plantas contra Raios UV.
7. Flavonóis e Antocianinas são minhas principais classes.
8. Minha estrutura básica é C6-C3-C6.
9. Sou conhecido pelo meu alto poder antioxidante.
10. Avance 2 casa



SOU UMA PLANTA ESPADA-DE-SÃO-JORGE

1. Perca sua vez.
2. Reza a lenda que protejo a casa de quem me cultiva.
3. Avance 2 casas.
4. Possuo substâncias que apresentam toxicidade.
5. Sou uma planta rica em saponinas.
6. Reza a lenda que afasto o mau olhado.
7. Há relatos que o meu chá faz muito bem para o couro cabeludo.
8. Tenho o nome do padroeiro de Portugal.
9. Tenho o sabor muito amargo.
10. Sou uma planta de formato comprido e leves fios amarelos em suas laterais.

Verso da carta



recorte as cartas

PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL FITOQUÍMICO



 **recorte as cartas**



SOU UM METABÓLITO SECUNDÁRIO NICOTINA

1. Sou um alcaloide como cafeína, cocaína e morfina.
2. Perca sua vez
3. Grávidas não podem me consumir.
4. Sou absorvido pelos pulmões.
5. Aumento a liberação de dopamina no organismo.
6. Sorte ou Azar.
7. Sou altamente viciante e causo abstinência.
8. Sou encontrada em diversas plantas, além do tabaco.
9. Sou utilizado como inseticida.
10. Tenho efeito atrativo para polinizadores.



SOU UM METABÓLITO SECUNDÁRIO TANINOS

1. Estou presente na casca das uvas.
2. Minha presença nos alimentos causa adstringência na boca.
3. tenho dois grupos: hidrolisáveis e condensados.
4. Volte 1 casa.
5. Sou encontrado nos vinhos e frutas como o caju.
6. Consigo me associar facilmente com proteínas e metais.
7. Sou um composto fenólico.
8. Tenho o poder de reduzir a absorção dos nutrientes pelos animais.
9. Perca sua vez.
10. Tenho atividade antioxidante.



SOU UM METABÓLITO SECUNDÁRIO CAFEÍNA

1. Tenho ação vasodilatadora.
2. Posso causar hipertensão e até convulsões.
3. Estou presente na Coca-Cola.
4. Estou presente no café da manhã.
5. Tenho origem da teobromina.
6. Tenho grande ação estimulante.
7. Perca sua vez.
8. Sou o alcaloide mais consumido do mundo.
9. Sou um composto nitrogenado que pode causar dependência.
10. Estou presente em 60 tipos de plantas diferentes.



SOU UMA PLANTA MANDIOCA

1. Minha raiz é do tipo tuberosa e rica em amido.
2. Sou uma planta muito resistente
3. Consumida In natura sou potencialmente letal.
4. Também me chamam de macaxeira ou aipim.
5. Perca sua vez.
6. Posso um metabólito secundário muito tóxico chamado Linamarina.
7. De mim é feito a tapioca.
8. Minha raiz é comestível.
9. Avance 2 casas.
10. Sou utilizado para produzir farinha.

Verso da carta



recorte as cartas

PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL
FITOQUÍMICO



 **recorte as cartas**



SOU UMA PLANTA BOLDO

1. Sou utilizada contra a má digestão.
2. Meu chá tem gosto amargo.
3. Sou uma planta com propriedades medicinais.
4. Posso causar aborto.
5. Em grandes quantidades posso ser tóxica.
6. Perca a vez.
7. Posso um alcaloide chamado boldina.
8. Avance 1 casa.
9. Meu chá é muito usado como remédio natural.
10. Sou rica em taninos e flavonoides.



SOU UM METABÓLITO SECUNDÁRIO CARDENOLÍDEOS

1. Perca a vez.
2. Sou muito encontrado em plantas de pastos.
3. Sou classificado como um esteroide.
4. Posso atividade citotóxica, antitumoral e anticâncer.
5. A borboleta Monarca me armazena para defender-se de predadores.
6. Sorte ou Azar.
7. Avance 2 casas.
8. Estou bastante presente na planta Dedaleira.
9. Sou um composto cardiotoxico.
10. Sou utilizado para o tratamento da insuficiência cardíaca congestiva.



SOU UM METABÓLITO SECUNDÁRIO CAROTENÓIDES

1. Sou precursor de uma vitamina nos animais.
2. Minha ausência na dieta pode levar a cegueira.
3. Perca a vez.
4. Protejo as plantas contra radiação UV intensa.
5. Sou um ótimo antioxidante.
6. Sorte ou Azar.
7. Sou do grupo dos Terpenos.
8. Sou atrativo para a dispersão animal.
9. Minha ingestão pode alterar as cores dos animais.
10. Produzo pigmentos de cor amarela/vermelha.



SOU UM METABÓLITO SECUNDÁRIO TERPENOS

1. Perca sua vez.
2. Sou extraído de diversas partes dos vegetais.
3. Limoneno faz parte de mim.
4. Você pode me encontrar na forma de óleo essencial.
5. Posso vários tipos de propriedades como inseticida, bactericida, fitoterápica entre outras.
6. Avance 2 casas..
7. Sorte ou Azar.
8. Posso compostos altamente voláteis.
9. Meus compostos são muito usados na aromaterapia.
10. Minhas moléculas são formadas por uma combinação de C_5H_8 , numa estrutura denominada isopreno.

Verso da carta

 recorte as cartas


PERFIL
FITOQUÍMICO


PERFIL
FITOQUÍMICO


PERFIL
FITOQUÍMICO


PERFIL
FITOQUÍMICO



SOU UM METABÓLITO SECUNDÁRIO MORFINA

1. Avance 2 casas.
2. Sou sintetizada a partir de um aminoácido.
3. Perca a vez.
4. Meu nome tem origem do Deus grego do sono Morfeu.
5. Sou extraída do ópio retirado do leite da papoula.
6. Dou origem, sinteticamente, ao entorpecente heroína.
7. Sou um forte analgésico usado em pacientes em situação terminal.
8. Fui chamado de presente de Deus pelas igrejas da Idade média.
9. Sou um alcaloide.
10. No corpo humano sou semelhante a endorfina.



SOU UM METABÓLITO SECUNDÁRIO COCAÍNA

1. Perca a vez.
2. Sou um alcaloide.
3. Protejo a planta contra os insetos.
4. Sou um estimulante em mamíferos.
5. Estou presente em folhas que são mastigadas para alívio de dores.
6. Já estive presente na Coca-Cola.
7. Pablo Escobar ganhou fama e dinheiro graças a mim.
8. Origino uma droga ilícita altamente viciante.
9. Volte 1 casa.
10. Já levei muitos para a prisão.



SOU UMA PLANTA MACONHA

1. Meu nome é Cannabis sativa.
2. Sou usada na fabricação de papel e até tecidos.
3. Sou usada para fins medicinais e recreativos.
4. Da minha planta é extraído uma droga ilícita no Brasil.
5. Perca a vez.
6. Posso ser detectada na urina em exames.
7. Meu princípio ativo é o THC.
8. Posso tanto propriedades medicinais como tóxica.
9. Sou um terpeno.
10. Avance 2 casas.



SOU UMA PLANTA MAMONA

1. Perca sua vez.
2. Sou usada, popularmente, como purgativo.
3. Das minhas sementes é extraído um óleo.
4. Posso propriedades analgésicas e anti-inflamatórias.
5. Sorte ou Azar.
6. Ricina é encontrado nas minhas sementes.
7. Minha folha é enorme semelhante às do mamão.
8. Existiu uma banda de rock brasileira com meu nome.
9. O ácido ricinoleico é o principal componente do meu óleo.
10. Volte 1 casa.

Verso da carta



recorte as cartas

PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL
FITOQUÍMICO





SOU UM METABÓLITO SECUNDÁRIO LIGNINA

1. Minha via de biossíntese é a do ácido chiquímico.
2. Sou um composto fenólico.
3. Tenho função de sustentação.
4. Avance 2 casas.
5. Sou um polímero de fenilpropanóides.
6. Sorte ou Azar.
7. Protejo a planta contra ataque de predadores.
8. Atuo reduzindo a permeabilidade à água.
9. Sou depositado nas células do xilema do crescimento.
10. Sou um polímero bastante desorganizado.



SOU UM METABÓLITO SECUNDÁRIO ANTOCIANINAS

1. Tenho função aposemática ou de camuflagem.
2. Sou um composto fenólico.
3. Tenho grande atividade antioxidante.
4. Perca a vez.
5. Tenho função de atrair polinizadores e dispersores.
6. Sorte ou Azar.
7. Protejo as folhas contra o estresse luminoso.
8. Minhas cores variam do vermelho ao azul.
9. Sou derivado dos flavonoides.
10. Tenho anéis aromáticos e um heterocíclico, com alterações nos radicais.



SOU UM METABÓLITO SECUNDÁRIO SAPONINAS

1. Sou do grupo dos Terpenos.
2. Consigo diferir membranas celulares.
3. Sou utilizado na pesca indígena.
4. Perca a vez.
5. Possuo parte hidrofílica e outra parte lipofílica.
6. Avance 2 casas.
7. Tenho alta capacidade de produzir espumas.
8. Sou utilizada para controle de diabetes.
9. Tenho propriedade de um detergente comum.
10. Tenho ação citotóxica.



SOU UMA PLANTA HIBISCO

1. Sou muito utilizada ornamentalmente.
2. Perca a vez.
3. O meu chá é muito usado para perder de peso.
4. Minhas flores são comestíveis e têm sabor azedo.
5. Tenho ação antimicrobiana e diurética.
6. Sou rica em compostos fenólicos.
7. Sou rica em flavonoides e taninos.
8. O meu chá causa infertilidade se consumido em excesso.
9. Avance 2 casas.
10. Possuo alta concentração de antocianina.

Verso da carta



recorte as cartas

PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL
FITOQUÍMICO



PERFIL
FITOQUÍMICO



INFORMAÇÕES SOBRE O JOGO!

As cartas "Sorte ou Azar" para quando a dica com essa instrução for escolhida e quando parar na casa de estrela no tabuleiro. O jogador precisa dizer a que grupo de metabolito secundário a estrutura pertence e justificar o seu palpite.

1

Cianidina: Grupo compostos fenólicos. Pertence ao grupo das antocianinas, são flavonoides que possuem um anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais.

2

Cafeína: Grupo nitrogenado. Pertence ao grupo alcaloide. Possuem em sua estrutura aminoácidos aromáticos.

3

Carotenoide : Grupo terperno, possui duplas ligações conjugadas. Um hidrocarboneto definido como tetraterpenóides (C₄₀).

4

Flavona : Grupo compostos fenólicos. Um sub-grupo dentro dos flavonoides.

5

Limoneno : Grupo terpenos. É um hidrocarboneto natural, cíclico e insaturado, classe dos monoterpenos, de fórmula molecular C₁₀H₁₆.



6

Morfina : Grupo compostos nitrogenados. Um dos mais importantes alcaloides, caracterizado pela presença de um anel heterocíclico contendo nitrogênio.

7

Nicotina : Grupo compostos nitrogenados. Pertence ao grupo alcaloides, são aminas heterocíclicas (cadeia fechada contendo um nitrogênio).

8

Saponina : Grupo terpenos. Pertence ao grupo de esteroides, possui parte da estrutura com característica lipofílica (triterpeno ou esteróide) e outra hidrofílica (açúcares).

9

Tanino : Grupo compostos fenólicos. Classificados em dois grupos: hidrolisáveis e condensados. Presença de polifenóis.

10

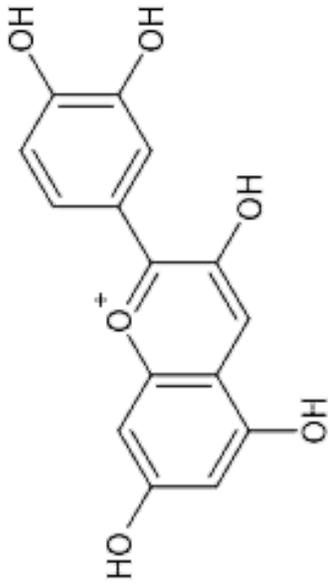
Teobromina: Grupo compostos nitrogenados. Pertence ao grupo dos alcaloides, nitrogênio, oxigênio, hidrogênio e carbono são encontrados em sua estrutura.



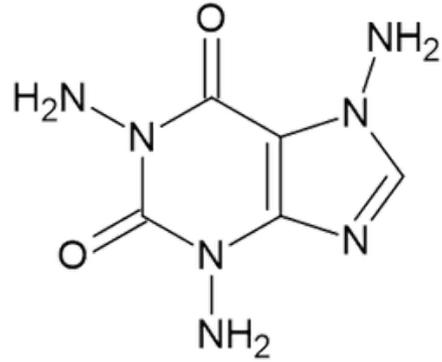
PERFIL FITOQUÍMICO



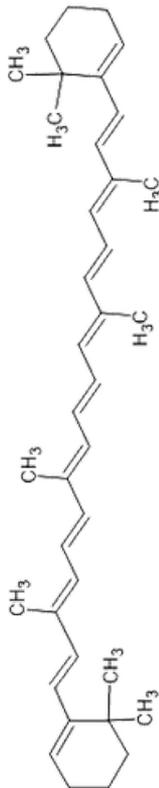
Recorte as cartas



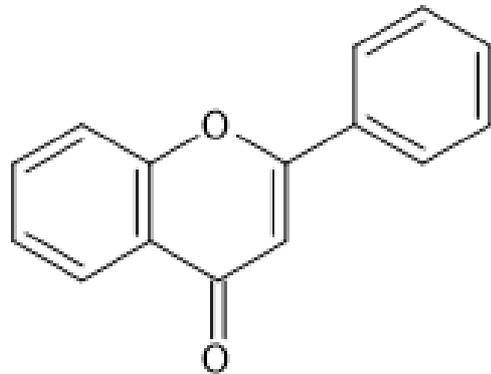
1



2



3



4

Verso da carta

 Recorte as cartas

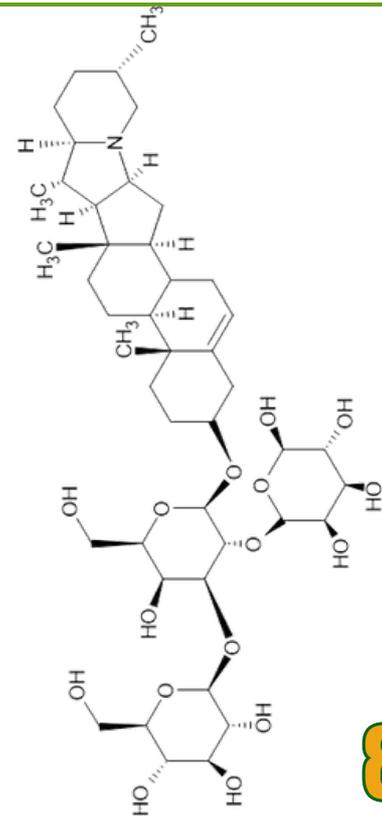
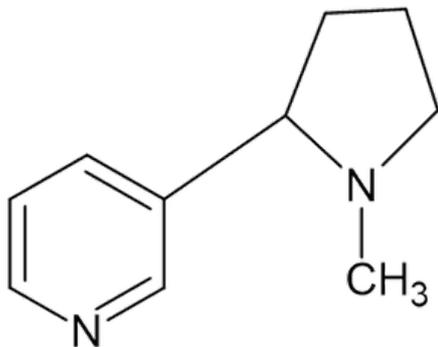
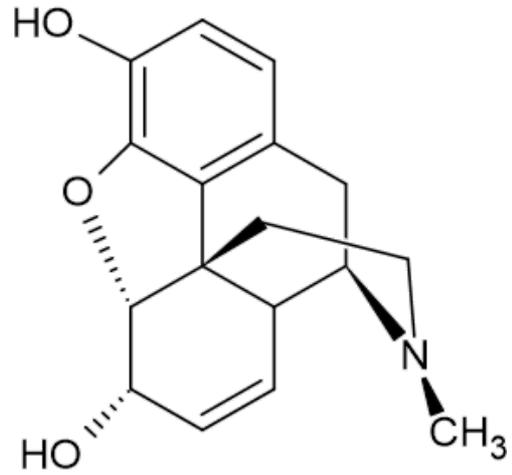
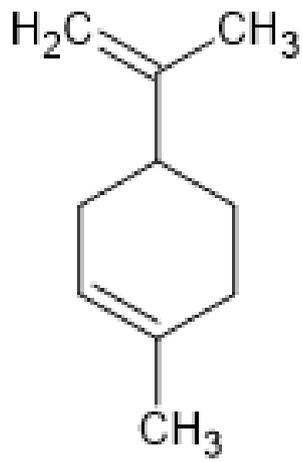


PERFIL

FITOQUÍMICO



 Recorte as cartas



Verso da carta

 Recorte as cartas

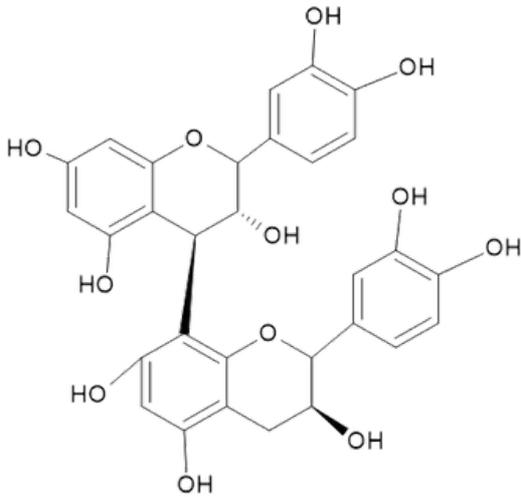


PERFIL

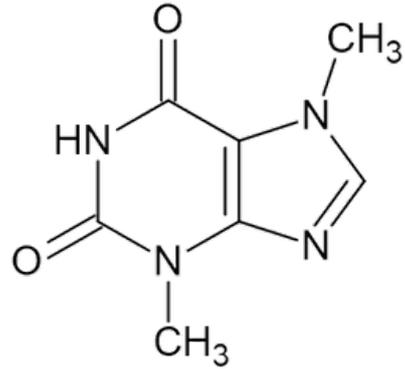
FITOQUÍMICO



 Recorte as cartas



9



10

SORTE



AZAR

SORTE



AZAR

REFERÊNCIAS

IMAGENS

Figura 1: Disponível em: <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 2: Disponível em: <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 3: Disponível em: <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 4: Disponível em: <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 5: Disponível em: <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 6: Disponível em: <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 7: Disponível em: <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 8: Disponível em: <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 9: Disponível em: <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 10: Disponível em: <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Apêndice B

ROTEIRO INTERATIVO

Esse material foi desenvolvido para acompanhamento das atividades práticas da oficina “Química das plantas: numa abordagem investigativa”. Trata-se de um material experimental que deve ser utilizado sob supervisão do professor/orientador das atividades.



A QUÍMICA DAS PLANTAS:

uma abordagem investigativa para o ensino

Autores:

Me. Danielly Cristina e Silva Pessoa

Lic. Marcos Vinicius Carvalho

Dr^a Valdiléia Teixeira Uchoa

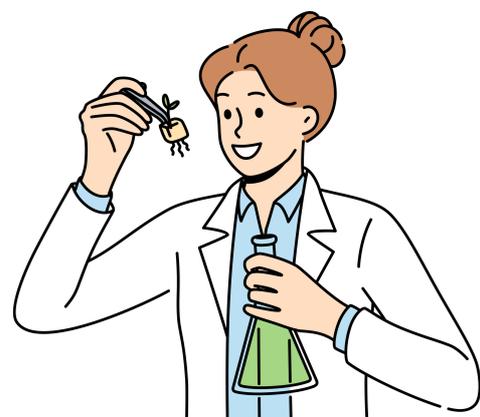
Dr. Pedro Marcos de Almeida

Dr^a. Francielle Aline Martins

**Teresina
2024**

SUMÁRIO

ROTEIRO PRÁTICA 01	04
Introdução	04
Materiais	05
Método de prospecção fitoquímica	06
1. Espécie de interesse	06
2. Preparo das amostras	06
3. Teste para esteróides e triterpenóides	07
4. Teste para Saponinas	09
5. Teste para Taninos	10
6. Teste para flavonoides	13
7. Teste para Alcalóides	14
PENSE NISSO	16
Referências	17
ROTEIRO PRÁTICA 02	19
Introdução	19
Materiais	20
Método	21
1. Preparo da solução de DPPH 24 µg/mL	21
2. Preparo da amostra	21
3. Calibrando o espectrofotômetro	22
4. Atividade antioxidante	22
Análise dos dados	23
5. Determinação da CE ₅₀	24
Referências	28



APRESENTAÇÃO



Segundo o Ministério da Saúde, cerca de 40% de todos os medicamentos têm como princípio ativo os vegetais. Todavia, o conhecimento dos efeitos benéficos das plantas não é amplamente difundido, assim, práticas de ensino que busquem contextualizar esse conhecimento empírico com os saberes científico são necessárias.

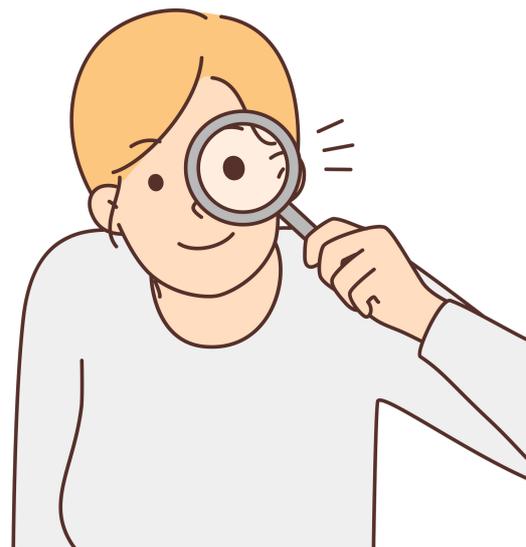
Esse material foi desenvolvido para acompanhamento das atividades práticas da oficina “Química das plantas: numa abordagem investigativa”. Trata-se de uma oficina voltada para o ensino de fitoquímica, seja em nível superior ou em nível médio. As atividades experimentais descritas neste roteiro devem ser supervisionadas por um professor.

À medida que os alunos avançam, a cada etapa na atividade, existem caixas de textos para que possam registrar suas observações. Foram adicionadas também informações curiosas a cerca dos metabólitos secundários estudados e questões para reflexão. A partir do material elaborado, esperamos contribuir na formação de novos pesquisadores, curiosos ou simpatizantes da área de fitoquímica.



para mais informações entre em contato:

Danielly Cristina e Silva Pessoa
dcesp@aluno.uespi.br



Roteiro Prática 1:

PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA PRELIMINAR

INTRODUÇÃO

Muito acreditava-se, até 1980, que os metabólitos secundários eram resíduos do metabolismo primário. Contudo o que se sabe hoje é que os metabólitos primários e secundários se interrelacionam em diversas vias metabólicas e às vezes torna-se difícil a classificação exata desses composto (TAIZ E ZEIGER, 2009).

As rotas metabólicas geram compostos sem uma distribuição abrangente, onde cada espécie vegetal produz um conjunto de substâncias químicas, com uma variedade de funções, conforme suas necessidades, apresentando caráter adaptativo (BARRETO, GASPI E OLIVEIRA, 2020).

Devido às especificidades das classes de metabólitos, para a sua identificação, existem técnicas capazes de identificar a sua presença e até quantificar o quanto daquele metabólito em específico a planta possui (BARRETO, GASPI E OLIVEIRA, 2020). O método de prospecção fitoquímica preliminar apresenta reações específicas para cada grupo de metabólito secundário das plantas, onde é levado em consideração o pH, temperatura, solubilidade, entre outras.

Os procedimentos da prospecção fitoquímica permitem realizar a abordagem do comportamento químico dos extratos, tais como as reações qualitativas de mudança de coloração e formação de precipitados. A análise dos constituintes fitoquímicos dos extratos será realizado baseada na metodologia de Matos (2009).

MATERIAIS

- Tubo de ensaio de vidro;
- Becker de vidro de 50 mL;
- Proveta de vidro de 50 mL;
- Pipeta de plástico;
- Estante para 12 tubos de ensaio de vidro;
- Reagente de Mayer;
- Solução de FeCl_3 a 5% ;
- Ácido clorídrico PA (HCl);
- Ácido clorídrico a 1% (HCl);
- Anidrido acético PA;
- Ácido Sulfúrico PA;
- Hidróxido de Sódio a 1% (NaOH) e Clorofórmio PA;



Figura 1: pipeta.
Fonte: freepik



Figura 2: proveta, tubos de ensaio na estante, Becker.
Fonte: Adaptado do Freepik pela autora.

MÉTODOS DE PROSPECÇÃO FITOQUÍMICA

1. ESPÉCIE DE INTERESSE :

Quais os motivos pelos quais você escolheu essa espécie?

Registre aqui!

2. PREPARO DAS AMOSTRAS

- Partes da planta em abundância devem ser coletadas, pesadas, higienizadas com água e colocadas para secar a temperatura ambiente, aproximadamente 7 dias.
- Quando estiverem suficientemente secas, as amostras deverão ser novamente pesadas, colocadas em um triturador e pulverizadas em liquidificador doméstico.
- Em seguida, 8g do pó da amostra serão transferidos para um frasco escuro e acrescentado 100 mL de Etanol 70%.
- Agite, feche bem o frasco e deixe extrair por pelo menos 24h.



Figura 3: folhas secas
Fonte: freepik



Figura 4: folhas trituradas
Fonte: freepik

- Após o tempo de extração, o extrato deverá ser filtrado em filtro de papel, identificado e armazenado em frasco escuro na geladeira.

Deve-se seguir as recomendações seguintes para verificar a presença dos respectivos grupos de metabólitos secundários.

Anote aqui suas observações!

3. Teste para esteróides e triterpenóides

A **reação de Liebermann-Burchard** (reação de caracterização do núcleo esteróide):

Baseia-se no fato de que o reagente de Liebermann-Burchard promove a desidratação e desidrogenação no núcleo fundamental esteróide resultando em derivados com ligações duplas conjugadas, portanto corados, tal coloração poderá ir do castanho ao esverdeado. O aparecimento de uma coloração acastanhada a esverdeada indica reação positiva para esteróides/ triterpenos (Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009).

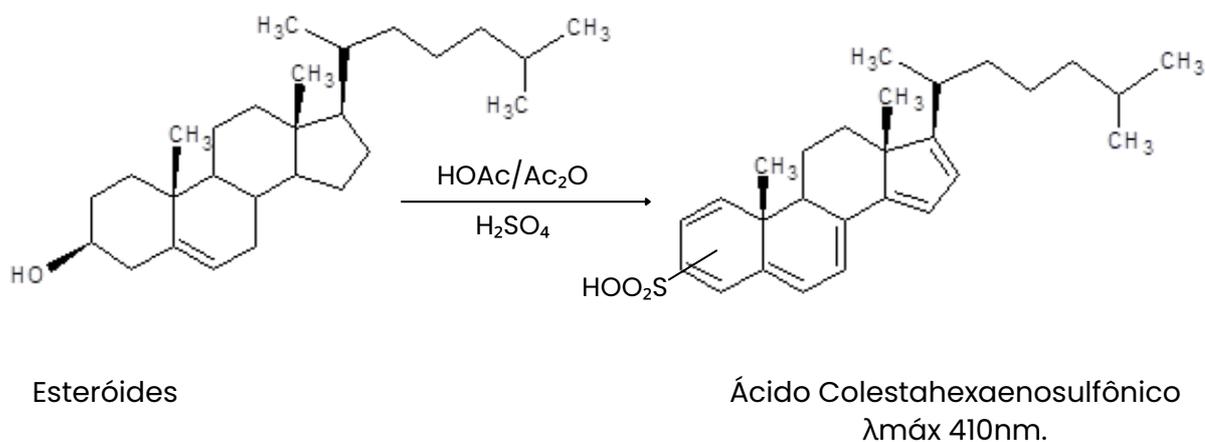


Figura 6: Reação de Liebermann-Burchard, detecção de esteróides.
 Fonte: Autoria própria (uso do programa Chemscketch).



PARA A REAÇÃO VAMOS USAR:

- 2mL do extrato e adicionar 3mL de clorofórmio PA. + 2 mL de anidrido acético PA.
- Agitar suavemente.
- Agora sem agitar, acrescentar de forma cuidadosa 2 mL de H_2SO_4 PA, pelas paredes do tubo.

Observe se ocorre o aparecimento de coloração na zona do contato entre o anidrido acético e o ácido sulfúrico.

OBS!! Não movimentar o tubo.

RESULTADO ESPERADO:

Figura 7: Tubo de ensaio com a substância azul evanescente.

Fonte: Freepik.



Figura 8: Tubo de ensaio com a substância avermelhada.

Fonte: Freepik.



Coloração azul evanescente seguida de verde permanente é indicativa de presença de esteróides livres. ✓

Coloração parda até a vermelha indica a presença de triterpenóides pentacíclicos livres. ✓

Anote aqui suas observações!

4. Teste para Saponinas

Conhecidas como saponinas, os glicosídeos são oriundos do metabolismo secundário dos vegetais. Consistem em um esqueleto derivado de isoprenóides, triterpênico ou esteroidal, denominado aglicona ou sapogenina, ligado a cadeias de açúcares através de uma ou mais ligações glicosídicas (AUGUSTIN *et al.*, 2011).

Essas substâncias possuem a capacidade de formarem espumas estáveis em soluções aquosas. Essa propriedade é devida ao caráter anfílico de suas moléculas, que possuem uma parte lipofílica (aglicona) e uma parte hidrofílica (cadeia de açúcares). Tal característica faz com que as saponinas sejam classificadas como surfactantes naturais (LYRIO, 2016).

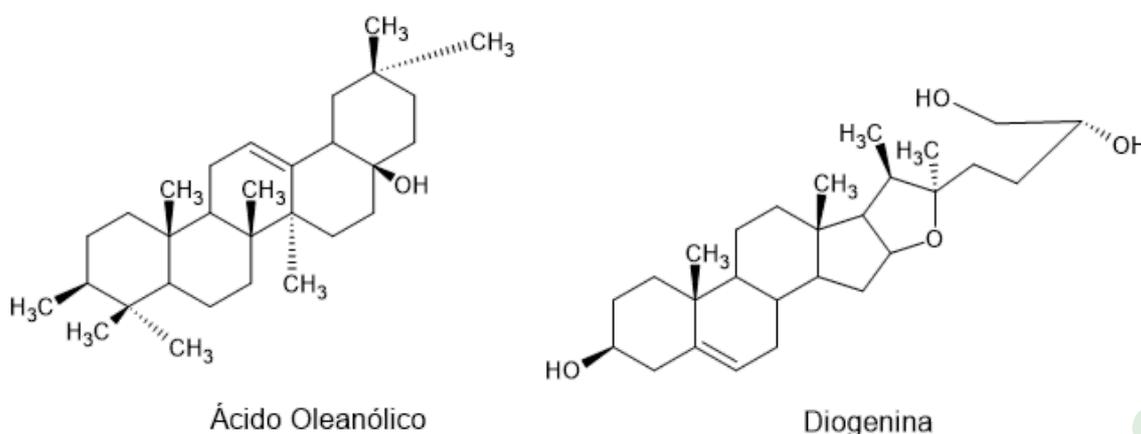


Figura 9: Esqueletos representativos das saponinas triterpênicas (ácido oleanólico) e esteróidais (diogenina).
Fonte: autoria própria (uso do programa Chemscketch).



PARA A REAÇÃO VAMOS USAR:

- Adicione 2 mL do extrato junto a 2 mL de clorofórmio PA em 5 mL de água destilada.
- A solução deve ser agitada permanentemente por 3 min.

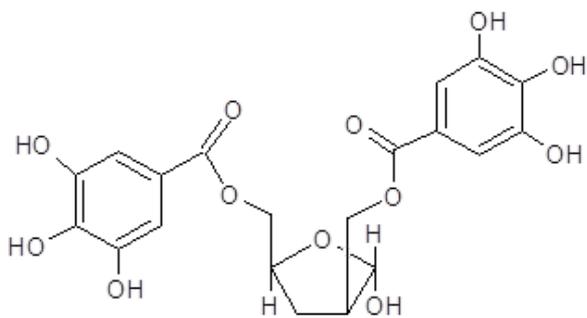
RESULTADO ESPERADO:

Formação de uma espuma persistente e abundante (colarinho) indicando a presença de saponina (heterosídeos saponínicos).

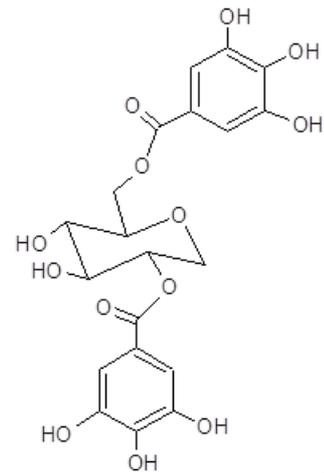
Anote aqui suas observações!

5. Teste para Taninos

Os Taninos são classificados em hidrolisáveis e condensados. Os primeiros são constituídos por diversas moléculas de ácidos fenólicos, como o gálico e o elágico, que estão unidos a um resíduo de glicose central. São chamados de hidrolisáveis, uma vez que suas ligações ésteres são passíveis de sofrerem hidrólise por ácidos ou enzimas (Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009).



Humamelitanino



Aceritanino

Figura 10: Taninos hidrolisáveis.

Fonte: Autoria própria (uso do programa Chems sketch).

Os taninos condensados incluem todos os outros taninos verdadeiros. Suas moléculas são mais resistentes à fragmentação e estão relacionadas com os pigmentos flavonoides, tendo uma estrutura “polimérica” do flavan-3-ol, como a catequina ou do flavan-3,4-diol, da leucocianidina. Sob tratamento com ácidos ou enzimas esses compostos tendem a se polimerizar em substâncias vermelhas insolúveis, chamadas de flobafenos (Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009).

VOCÊ SABIA?

Essas substâncias são responsáveis pela coloração vermelha de diversas cascas de plantas.

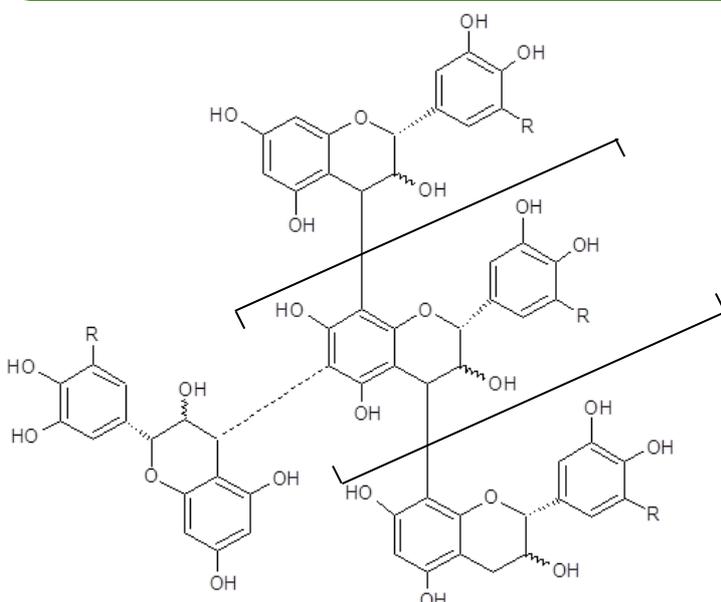
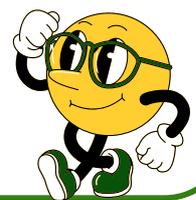


Figura 7: Taninos condensados.

Fonte: Autoria própria (uso do programa Chems sketch).



PARA A REAÇÃO VAMOS USAR:

- Coloque em um tubo de ensaio com 2 mL de extrato;
- Adicione três gotas de solução alcóolica de FeCl_3 a 5% (5g de Cloreto Férrico em 100 mL de água);
- Agite fortemente.

Os Taninos quando em contato com sais e metais pesados formam quelatos. Este processo ocorre devido às hidroxilas da molécula.

RESULTADO ESPERADO:



A coloração variável entre o azul e o vermelho indica a presença de **taninos**.



Precipitado de tonalidade azul indica a presença de **taninos hidrolisáveis**.



Precipitados verdes indicam a presença de **taninos condensados**.

Anote aqui suas observações!

6. Teste para Flavonoides



PARA A REAÇÃO VAMOS USAR:

- Adicione em 2 mL do extrato alguns centigramas de fita de magnésio.
- Adicione 2 mL de HCl PA.

Essa reação faz parte do teste de Shinoda, o término da reação é indicada pelo fim da efervescência.

Ácido clorídrico ataca o metal (magnésio) e forma um complexo. O metal tem prioridades químicas de queimar sem parar, quando em contato com o HCl acontece a formação de bolhas. O complexo (HCl + magnésio) por sua vez interage com os flavonoides e proporciona a mudança de cor da solução (Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009).

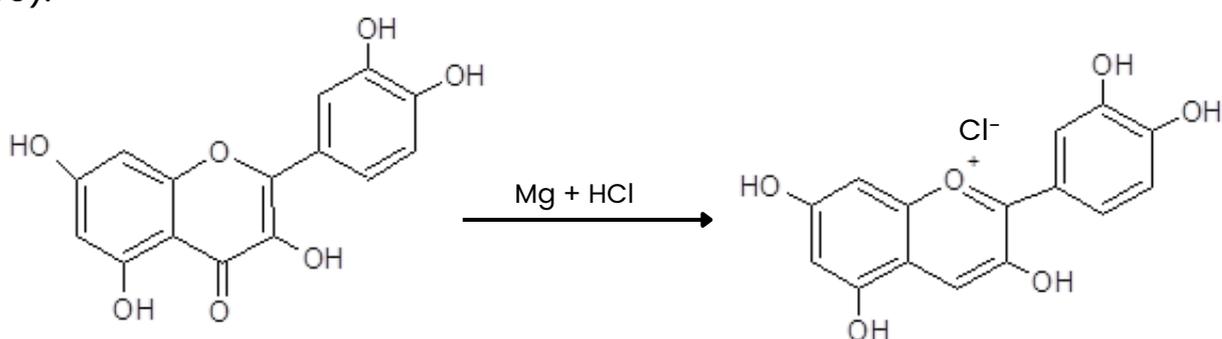


Figura 11: Reação de Shinoda.

Fonte: Autoria própria (uso do programa Chemscketch).

RESULTADO ESPERADO:

Aparecimento de coloração variável de parda a vermelha indicando a presença de flavonoides no extrato.

Anote aqui suas observações!

7. Teste para Alcalóides

Os alcalóides formam um grupo heterogêneo de compostos naturais que, normalmente, apresentam uma estrutura complexa. São constituídos por carbono, hidrogênio, o qual, na maioria dos casos, forma parte de um anel heterocíclico, sendo a maioria deles oxigenados. (CABRAL E PITA; 2015)

Muitos autores só consideram como verdadeiros alcalóides os compostos com nitrogênio em anéis heterocíclicos e como protoalcalóides os que o possuem numa cadeia lateral acíclica. A sua origem biogenética é normalmente a partir de aminoácidos mas há vários alcalóides que derivam de terpenos e esteróis. São providos de uma grande atividade farmacológica ou toxicológica (CABRAL E PITA; 2015)

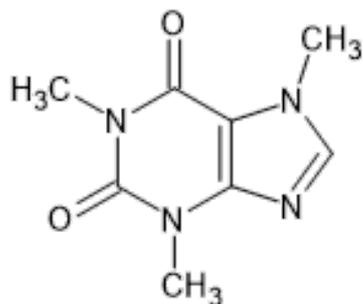


Figura 12: Estrutura da cafeína.
Fonte: Autoria própria (uso do programa Chems sketch).

VOCÊ SABIA?

O café descafeinado, caracterizado por apresentar baixos teores em cafeína (não mais de 0,08%), é preparado por extração da cafeína recorrendo a um solvente orgânico, geralmente o tricloroetileno.





PARA A REAÇÃO VAMOS USAR:

- Adicione 2 mL do extrato em um tubo de ensaio.
- Alcaliniza-se com quinze gotas de hidróxido de sódio a 1%.
- Adicione 2 mL de água junto com 2 mL de clorofórmio PA ao tubo.
- É necessário que o frasco seja agitado levemente para que os alcaloides da amostra interajam com o clorofórmio.
- Despreze a fração aquosa.

Na fração clorofórmica, acrescente quinze gotas de ácido clorídrico a 1% com 2 mL de água destilada. A fração clorofórmica deverá ser desprezada e a fase aquosa ácida será utilizada.

A fração aquosa deverá ser dividida em duas partes (A e B).

Parte A: Adicione três gotas de reagente de Mayer (Cloreto de mercúrio + Iodeto de potássio) para verificar a presença de alcaloides.

Parte B: Adicione três gotas do reagente Dragendorff (Carbonato de bismuto + Iodeto de potássio), para verificar a presença de alcaloides.

RESULTADO ESPERADO:

A formação de precipitado floculoso é indicativo da presença de alcaloides.

Anote aqui suas observações!

PENSE NISSO!



Será que existem outros trabalhos com essa mesma planta? E nesses trabalhos foram encontrados os mesmos metabolitos secundários? Caso não sejam os mesmo metabolitos secundários, você consegue pensar em um motivo para isso?

Anote aqui!

Em relação às classes de metabolitos identificadas na sua amostra, elas podem ser relacionadas a alguma atividade biológica, por exemplo: antimicrobiana, anticancerígena, antioxidante etc?

Anote aqui!

REFERÊNCIAS

AUGUSTIN, J. M.; KUZINA, V.; ANDERSEN, S. B.; BAK, S. Molecular activities, biosynthesis and evolution of triterpenoid saponins. *Phytochemistry*, 72, 435-457, 2011.

BARRETO,S.; GASPI, F.; OLIVEIRA,C. Estudo químico das principais vias do metabolismo secundário vegetal: uma revisão bibliográfica. *Revista Científica da FHO - Fundação Hermínio Ometto*, v. 8, n. 1/2020.

LYRIO, NATÁLIA NEY. Avaliação da atividade antimicrobiana e do poder surfactante das saponinas do juá (*Ziziphus joazeiro*) modificado enzimaticamente.

CABRAL, Célia; PITA, J. R. Alcalóides–Relevância na Farmácia e no Medicamento. *Ciclo de exposições*, 2015.

MATOS, F. J. A. Introdução a fitoquímica experimental. Fortaleza: Edições UFC, 2009. 150 p.

TAIZ,L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Trad.; Eliane r. Santarém et *al.*, 4 ed., Porto Alegre: Artmed,2009.

Sociedade Brasileira de Farmacognosia, 2009. Disponível em: <<http://www.sbfgnosia.org.br/Ensino/index.html>>. Acesso em: 15/01/2024.

WILSON, W.; PANG, J. The Liebermann–Burchard Reaction: Sulfonation, Desaturation, and Rearrangment of Cholesterol in Acid. *Lipids*, p. 87-96. 2007.

IMAGENS

Figura 1: Disponível em: https://br.freepik.com/fotos-gratis/um-vista-elevada-de-mao-desgastar-luvas-limpeza-a-po-com-esponja-branco-fundo_4822608.htm#query=folha%20em%20p%C3%B3&position=44&from_view=search&track=ais&uuid=0522544f-b352-4361-89c1-3780f8a25c1d.

Figura 2: Disponível em: https://br.freepik.com/vetores-gratis/icones-de-equipamento-de-laboratorio_3924851.htm#query=becker&position=11&from_view=search&track=sph&uuid=ce410650-6d63-44b7-885e-497ae2e2d5e9.

Figura 3: Disponível em: https://img.freepik.com/fotos-gratis/linha-de-folhas-de-outono_23-2147894729.jpg?w=740&t=st=1704235429~exp=1704236029~hmac=58dfa078876042d4639cddf967907c3eff75bdc05b826b1ab0390db466a00deb.

Figura 4: Disponível em: https://br.freepik.com/fotos-gratis/medico-de-laboratorio-realizando-exame-medico-de-urina_25182603.htm#query=pipeta&position=17&from_view=search&track=sph&uuid=66c1a77c-fced-493f-975e-31adcc4c6a79.

Figura 5: autoria propria.

Figura 6: Autoria própria utilizando o programa chemsketch.<https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 7: Disponível em: https://br.freepik.com/fotos-gratis/medico-de-laboratorio-realizando-exame-medico-de-urina_25182613.htm#from_view=detail_serie.

Figura 8: Disponível em: https://img.freepik.com/fotos-premium/uma-mao-em-uma-luva-medica-segura-um-tubo-de-ensaio-com-dna_397897-1133.jpg.

Figura 9: Autoria própria utilizando o programa chemsketch.<https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 10: Autoria própria utilizando o programa chemsketch.<https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 11: Autoria própria utilizando o programa chemsketch.<https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>

Figura 12: Autoria própria utilizando o programa chemsketch.<https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>

Roteiro Prática 2:

ANÁLISE DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE COM DPPH

INTRODUÇÃO

Existem diversos métodos desenvolvidos para observar e quantificar a capacidade antioxidante que certas substâncias possuem. O método do DPPH• (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), é uma metodologia bastante utilizada, pois é facilmente diluído em solventes orgânicos e trata-se de um procedimento rápido e simples (OLIVEIRA, 2015).

O método de DPPH• foi desenvolvido por Blois em 1958, que observou que o DPPH• (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) é um radical livre de nitrogênio, estável, de cor violeta, que possui absorção de 515-519 nm. A redução do radical DPPH• é monitorada pelo decréscimo da absorbância durante a reação utilizando um espectrofotômetro (SUCUPIRA, *et al.*, 2012).

Há uma diversidade de compostos que quando são submetidos ao espectrofotômetro podem ser quantificados, por meio da sua absorção a um comprimento de onda específico (ROCHA e TEIXEIRA, 2004). É possível a construção de uma curva padrão a partir das concentração já sabidas e as absorbâncias encontradas nas respectivas concentrações.

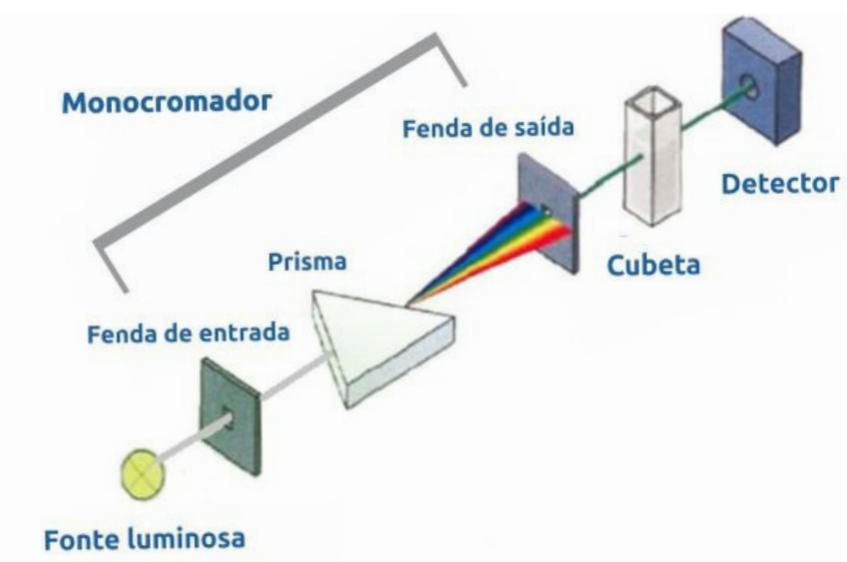


Figura 1: Esquema do funcionamento interno de um espectrofotômetro
Fonte: Infoescola.

Na presença de um doador de hidrogênio ou elétron, a intensidade de absorção diminui e a solução com o radical perde cor, tornando-se amarelo pardo, de acordo com o número de elétrons capturados, ou seja, quando o elétron desemparelhado do átomo de nitrogênio no DPPH• recebe um átomo de hidrogênio proveniente de compostos antioxidantes, ocorre a mudança de cor (SUCUPIRA, *et al.*, 2012).

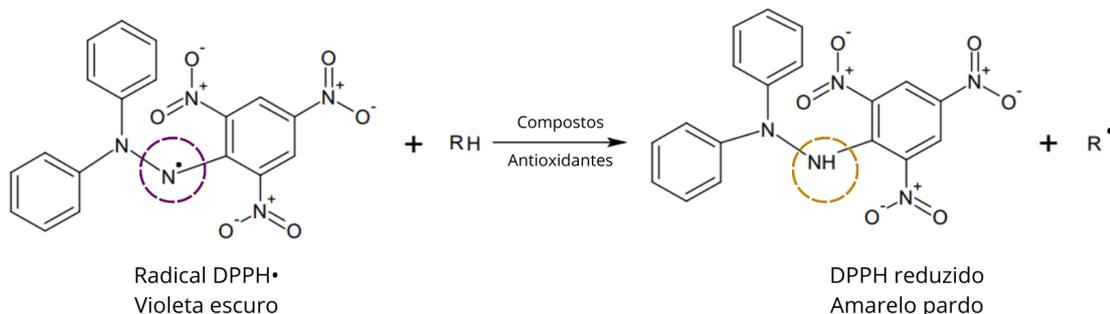


Figura 2: Reação de redução do DPPH• a DPPH-H, evidenciando as mudanças de cor quando o DPPH é posto com uma substância antioxidante.

Fonte: Autoria própria (uso do programa Chemscketch).

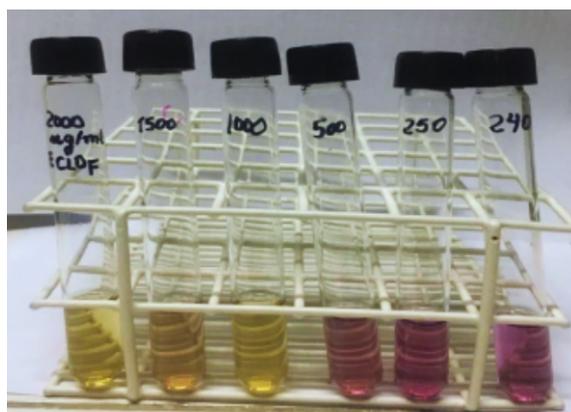


Figura 3: Amostra avaliada pelo método do DPPH. Fonte: Sousa, Herbert Gonzaga (2018)

MATERIAIS

- DPPH – 0,06 mM (0,0024g – 100 mL de álcool etílico 70%);
- Balança analítica;
- Frascos de vidro âmbar;
- Álcool etílico 70%;
- Pipeta automática 100 – 1000 µL;
- Proveta 10 mL;
- Frasco de vidro;
- Espectrofotômetro;
- Becker;

MÉTODO

1. Preparo da solução DPPH• 24 µg/mL - estoque (etapa fotossensível, previamente realizada pelo professor).

- Pesar 0,0024g de DPPH• na balança analítica;
- Medir 100 mL de álcool etílico 70% (ou outro solvente) utilizando uma proveta;
- Diluir o DPPH• em álcool etílico 70%, homogeneizar bem em frascos de vidro âmbar. O frasco de âmbar deve estar coberto por papel alumínio (a solução de DPPH• deve permanecer em ausência de luz).

2. Preparo da Amostra

A partir do extrato preparado e armazenado que utilizamos na aula passada vocês deverão preparar uma solução-uso na concentração de 5mg/mL. Para facilitar os cálculos, vamos preparar 8mL de solução-uso. Complete as informações a seguir:

Concentração inicial da solução estoque (C1): _____

Concentração da solução-uso (C2): _____

Volume final da solução-uso (V2): _____

Para descobrir o volume da solução estoque necessário para a diluição basta aplicarmos a equação: **$C1 \times V1 = C2 \times V2$**

Assim, $V1 =$

Agora devemos acrescentar o solvente até completar o volume final (V2);

Está pronta sua solução-uso!

3. Calibrando o espectrofotômetro

- Regule o espectrofotômetro para o comprimento de onda igual a 517 nm (mais adequado para a solução de DPPH•).
- Coloque uma cubeta com álcool etílico 70% (ou outro solvente a ser utilizado) para a calibrar no espectrofotômetro. A leitura deverá ser ajustada para absorbância 0%.

Após a calibragem o equipamento estará pronto para a sua utilização.

4. Atividade Antioxidante (Etapa Fotossensível)

Com as luzes apagadas, deve-se preparar o *controle*.

- Em um frasco pequeno (4 mL), com auxílio de uma micropipeta, adicionar um volume de 2,9 mL de DPPH• estoque e 0,1 mL de álcool etílico 70%.
- Realizar a leitura no espectrofotômetro e registrar.

Anote aqui suas observações!

Preparar também o *branco*.

- Em um frasco pequeno (4 mL), com auxílio de uma micropipeta, adicionar um volume de 2,9 mL de álcool etílico 70% e 0,1 mL da *amostra* (solução-uso).
- Realizar a leitura no espectrofotômetro e registrar.

Anote aqui suas observações!

Para determinar a atividade antioxidante (%AA) prepare a *amostra*.

- Em um frasco pequeno (4 mL), com auxílio de uma micropipeta, adicionar um volume de 2,9 mL de DPPH• estoque e 0,1 mL da amostra (solução-uso).
- Aguarde a estabilização da reação por 30 minutos no escuro. Em seguida realize a leitura no espectrofotômetro e registre.

Enquanto aguarda os 30 minutos, discuta com os colegas a importância das medições realizadas para o *controle* e o *branco*. Registre suas conclusões no quadro a seguir.

Anote aqui suas observações!

4.1 Análise dos Dados

Para efetivamente saber o quanto a amostra tem de atividade antioxidante (%AA), podemos usar a equação a seguir:

$$\%AA = \frac{100 - [(Abs. amostra - Abs. branco) \times 100]}{Abs. controle}$$

Após determinar a %AA para sua amostra, verifique com as demais equipes o que descobriram e registre na Tabela 1.

Tabela 1: Avaliação quantitativa da atividade antioxidante dos extratos vegetais testados, na concentração de 5mg/mL.

Amostra	Abs. amostra (DPPH + amostra)	Abs. branco (álcool + amostra)	Abs. amostra - Abs. branco	%AA

Controle: _____

Dentre as amostras vegetais estudadas, qual apresentou a maior atividade antioxidante? _____

5. Determinação da CE₅₀ (concentração efetiva de 50%)

Para essa etapa será necessário realizar a diluição em série da solução-uso. Identifique 5 frascos com as concentrações que iremos trabalhar: 5; 2,5; 1; 25; 0,625 e 0,3125 (mg/mL).

- Transfira 4 mL da solução-uso para o frasco identificado 5 mg/mL.
- Em seguida, 2 mL desse frasco deverão ser transferidos para o frasco identificado por 2,5 mL, este mesmo frasco deverá ser completado com 2 L de álcool 70%.
- Para o frasco com identificação 1,25 mL deverão ser transferidos 2 mL do frasco 2,5 mL e acrescidos mais 2 mL de álcool 70%.

Esse procedimento em série deverá ser repetido até que todas as soluções sejam preparadas.

- Identifique mais 5 frascos limpos com as concentrações que iremos trabalhar. Em cada um dos frascos adicione 2,9 mL de DPPH• estoque e acrescente 0,1 mL da amostra em diferentes concentrações. Aguarde a estabilização das reações por 3 minutos no escuro.
- Enquanto aguarda identifique mais 5 frascos limpos com as concentrações que iremos trabalhar, para prepararmos o *branco* de cada concentração.

Em cada um dos frascos adicione 2,9 mL de álcool 70% e acrescente 0,1 mL da amostra em diferentes concentrações. Faça logo a leitura da absorbância no espectrofotômetro e registre na Tabela 2.

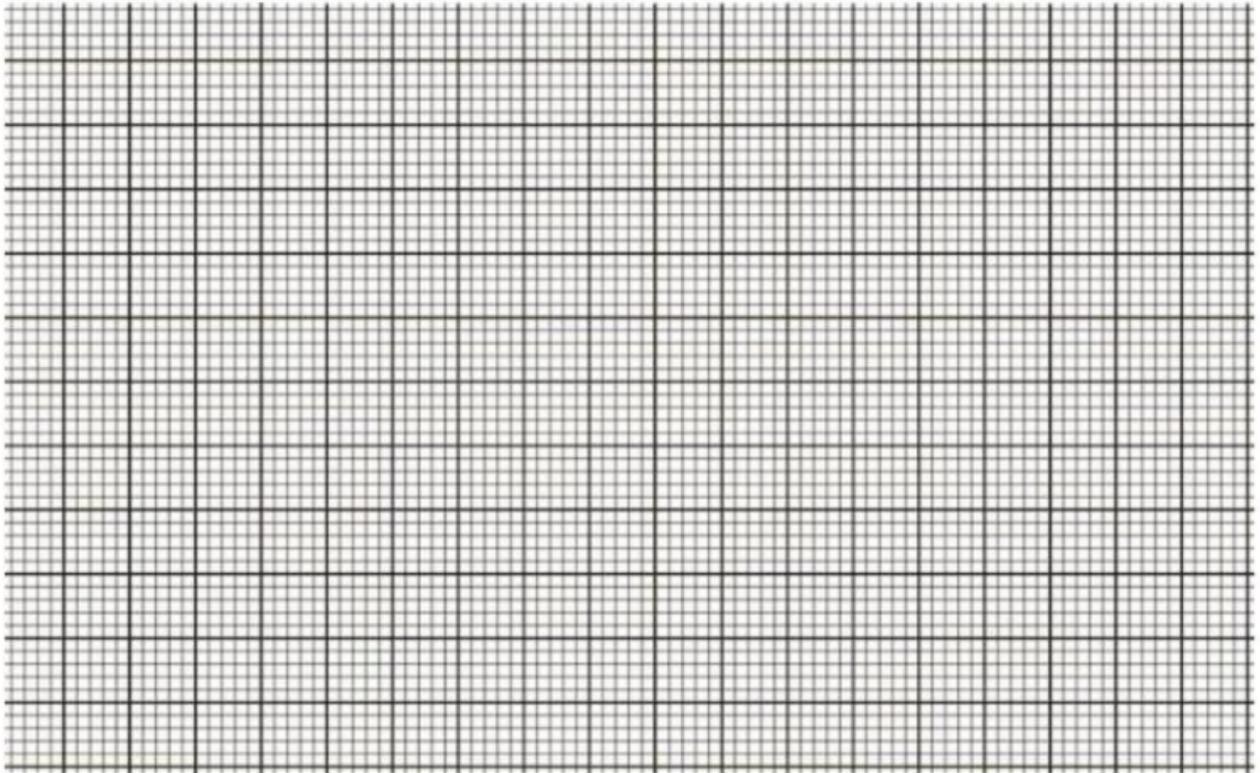
Tabela 2: Dados da leitura da absorbância no espectrofotômetro.

Concentração (mg/mL)	Abs. amostra (DPPH• + amostra)	Abs. branco (álcool + amostra)	Abs. amostra - Abs. branco	%AA

Fonte: Autoria própria.

Controle: _____

- Faça um esboço de um gráfico para representar a variação da %AA (y) em função da variável Concentração da amostra (x).



Transfira os dados da tabela anterior para o excel, ou com o auxílio de uma calculadora, verifique se existe correlação linear entre as duas variáveis em estudo e estime a equação da reta:

Anote aqui suas observações!

A partir da equação é possível determinar a concentração efetiva (CE_{50}), ou seja, a concentração da amostra necessária para reduzir 50% do radical DPPH•. Faça os cálculos para a sua amostra e compare com os colegas.

Tabela 3: Comparação dos dados para CE_{50} para as diferentes amostras.

Amostra	CE_{50}

Fonte: Autoria própria.

- Comparando os dados da Tabela 1 e Tabela 3, o que você pode concluir em relação aos valores de CE_{50} e a %AA?

Anote aqui seu resultado!

REFERÊNCIAS

OLIVEIRA, G. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH• estudo de revisão. Revisão Brasileira de Plantas Mediciniais, v. 17, p. 36-44.

SOUSA, Herbert Gonzaga. Estudo fitoquímico, avaliação da atividade antioxidante e citogenotóxica dos extratos etanólicos e das frações das cascas e folhas de combretum leprosum. 2018. 94f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Química) - Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2018.

ROCHA, F.; TEIXEIRA, L . Estratégias para o aumento de sensibilidade em espectrofotometria UV-VIS. Química Nova, v.27, p.807-812. 2004.

SUCUPIRA, N. et al. Métodos para Determinação da atividade Antioxidante de Frutos. UNOPAR Científica. Ciências Biológicas e da Saúde, p. 263-269. 2012.

IMAGENS

Figura 1: Disponível em: <https://www.infoescola.com/materiais-de-laboratorio/espectrofotometro/>.

Figura 2: Autoria própria utilizando o programa chemsketch. <https://www.acdlabs.com/resources/free-chemistry-software-apps/chemsketch-freeware/>.

Figura 3: Disponível em: https://br.freepik.com/fotos-gratis/close-da-micropipeta-mergulhando-em-tubo-de-ensaio-para-experimento-cientifico_16561903.htm#query=alcool%20labotat%C3%B3rio%20com%20marca&position=32&from_view=search&track=ais&uuid=a459757c-8f18-40be-95fc-4f016423fcd4.