

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

ESCOLA DE FARMÁCIA

Anna Tereza Magalhães Silva

**Atividade antioxidante e quantificação do teor em compostos fenólicos de extratos de
Plectranthus barbatus Andrews**

Ouro Preto

2025

Anna Tereza Magalhães Silva

**Atividade antioxidante e quantificação do teor em compostos fenólicos de extratos de
Plectranthus barbatus Andrews**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
à Universidade Federal de Ouro Preto, como
parte das exigências para obtenção do título
de Bacharel em Farmácia.

Orientadora: Profa. Dra. Dênia Antunes
Saúde Guimarães

Coorientadora: Ma. Isabela Fernanda de
Souza

Ouro Preto

2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

S586a Silva, Anna Tereza Magalhaes.
Atividade antioxidante e quantificação do teor em compostos fenólicos de extratos de *Plectranthus barbatus*. [manuscrito] / Anna Tereza Magalhaes Silva. - 2025.
48 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Dênia Antunes Saúde Guimarães.

Coorientadora: Ma. Isabela Fernanda de Souza.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Farmácia. Graduação em Farmácia .

1. Antioxidantes. 2. Compostos Químicos. 3. Compostos Fenólicos. 4. *Plectranthus barbatus*. I. Guimarães, Dênia Antunes Saúde. II. de Souza, Isabela Fernanda. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 615.3

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - SIAPE: 1.763.787



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE FARMACIA
DEPARTAMENTO DE FARMACIA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Anna Tereza Magalhães Silva

Atividade antioxidante e quantificação do teor em compostos fenólicos de extratos de *Plectranthus barbatus* Andrews

Monografia apresentada ao Curso de Farmácia da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Farmacêutico

Aprovada em 03 de abril de 2025

Membros da banca

Dra. Dênia Antunes Saúde Guimarães - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dra. Rafaela Cunha Matosinhos - (Universidade Federal de Ouro Preto)
Dr. Sidney Augusto Vieira Filho - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Dênia Antunes Saúde Guimarães, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 06/04/2025



Documento assinado eletronicamente por **Denia Antunes Saude Guimaraes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 06/04/2025, às 20:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0890720** e o código CRC **C5EC0EA5**.

AGRADECIMENTOS

A jornada até aqui não foi trilhada sozinha. Encerrar este ciclo só foi possível graças a Deus e às pessoas incríveis que Ele colocou no meu caminho.

Aos meus pais, Jairo e Tereza, que sempre me apoiaram e me encorajaram a viver os meus sonhos. Nada disso seria possível sem vocês e sem os valores que me ensinaram, como ninguém mais faria. Sou extremamente grata por tudo. Amo vocês! Felipe e Lu, essa conquista também é para vocês que sempre me incentivaram e acreditaram em mim. Obrigada por me darem a certeza de que nunca estarei sozinha.

À Camila, minha cu, por ser a irmã que eu sempre sonhei em ter e à Bibi, que ainda nem chegou mas já tem forma de amor. Ninguém além de vocês, poderiam deixar a nossa família mais feliz e completa.

À Dindinha e aos tios e primos das famílias Magalhães e Silva, por todo amor e cuidado. E à vovó Amélia, vovó Izaura e tio Newton. Espero que estejam bem e continuem nos protegendo, onde quer que vocês estejam.

Aos amigos de Felix, pela amizade que resiste ao tempo e à distância. Aos amigos de curso, por compartilharem as experiências, os perrengues e por fazerem as horas passarem mais rápido na sala de aula. Aos amigos que Ouro Preto me deu, por correrem junto e pela resenha infinita, fazendo os anos de faculdade se tornarem os melhores. E à República Utopia, pelos anos de crescimento pessoal e de uma moradia admirável, mesmo com algumas falhas! Obrigada por todos os momentos incríveis e por terem feito os difíceis, mais fáceis de enfrentar - ao lado de vocês.

Por fim, e não menos importante, deixo aqui também o meu agradecimento a UFOP e a Escola de Farmácia, pelo ensino gratuito e de qualidade. A todos do LAPLAMED e, em especial, à Dênia, pela confiança e paciência e à Isa, por ter deixado os dias no laboratório mais leves. Sou muito grata por terem me dado a chance de trabalhar com vocês, e por nunca medirem esforços em ensinar. Também à Rafa e ao Bibi, por aceitarem o convite para avaliar este trabalho e por enriquecerem meu aprendizado com suas contribuições.

Tenho o privilégio de não saber quase tudo. E isso explica o resto. (Manoel de Barros)

RESUMO

Plectranthus barbatus, popularmente conhecido como falso-boldo, é uma planta pertencente à família Lamiaceae e possui uma ampla distribuição geográfica pelo território brasileiro. Ao longo dos anos, diversas propriedades terapêuticas têm sido atribuídas a essa espécie, destacando-se, entre elas, a sua atividade antioxidante. Os antioxidantes são compostos bioativos que desempenham um papel crucial na neutralização ou redução na concentração de radicais livres, moléculas instáveis que, em níveis elevados, podem desencadear uma série de processos patológicos prejudiciais à saúde. O presente estudo teve como objetivo principal avaliar a atividade antioxidante dos extratos etanólico e aquoso, das partes aéreas do *Plectranthus barbatus*, bem como determinar o teor de compostos fenólicos presentes nesses extratos, visto que são substâncias conhecidas pela ação antioxidante. Na avaliação da atividade antioxidante pelo método de captura do radical ABTS, extratos etanólico e aquoso demonstraram efeito antioxidante, sendo a atividade antioxidante equivalente ao trolox (TEAC) do extrato etanólico maior do que o aquoso, indicando uma maior atividade antioxidante para este extrato. Pelo método de captura do radical DPPH, ambos os extratos apresentaram valores de CE₅₀ muito elevados, indicando não possuírem atividade antioxidante significativa por esse método. Quanto ao conteúdo fenólico total, o extrato etanólico mostrou um maior teor de compostos fenólicos em relação ao extrato aquoso. Os resultados indicaram que os extratos etanólico e aquoso de *Plectranthus barbatus* exibiram atividade antioxidante por um dos métodos usados, sendo a atividade do extrato etanólico maior do que do extrato aquoso, o que pode ser atribuído ao maior conteúdo de compostos fenólicos apresentado pelo extrato etanólico. Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram que os extratos etanólico e aquoso das partes aéreas de *Plectranthus barbatus* se mostraram promissores como fonte de antioxidantes naturais.

Palavras chaves: *Plectranthus barbatus*; Atividade antioxidante; Fenólicos totais; DPPH; ABTS, TEAC

ABSTRACT

Plectranthus barbatus, commonly known as false boldo, is a plant belonging to the Lamiaceae family and is widely distributed in Brazil. Over the years, various therapeutic properties have been attributed to this specie, with its antioxidant activity standing out among them. Antioxidants are bioactive compounds that play a crucial role in neutralizing or reducing the concentration of free radicals, unstable molecules that, at elevated levels, can trigger a series of harmful pathological processes to health. The main objective of this study was to evaluate the antioxidant activity of both ethanolic and aqueous extracts from the aerial parts of *Plectranthus barbatus*, as well as to determine the phenolic compound content in these extracts, since these substances are known for their antioxidant effects. In the assessment of antioxidant activity using the ABTS radical scavenging method, both ethanolic and aqueous extracts showed antioxidant effects, with the trolox equivalent antioxidant activity (TEAC) of the ethanolic extract being higher than the aqueous one, indicating greater antioxidant activity in this extract. Using the DPPH radical scavenging method, both extracts exhibited very high CE₅₀ values, indicating no significant antioxidant activity by this method. Regarding the total phenolic content, the ethanolic extract showed a higher phenolic compound content compared to the aqueous extract. The results indicated that both ethanolic and aqueous extracts of *Plectranthus barbatus* exhibited antioxidant activity in one of the methods used, with the ethanolic extract demonstrating greater activity than the aqueous extract. This result can be attributed to the higher phenolic compound content present in the ethanolic extract. The findings of this study suggest that both ethanolic and aqueous extracts of the aerial parts of *Plectranthus barbatus* hold promise as a source of natural antioxidants.

Keywords: *Plectranthus barbatus*; Activity antioxidant; Total phenolics; DPPH; ABTS, TEAC

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mecanismo de neutralização dos radicais livres por antioxidantes.	14
Figura 2 - Estruturas químicas do Terc-butil-4-hidroxianisol (BHA) e do Hidroxitolueno butilado (BHT).....	15
Figura 3 - Folhas e flores de <i>Plectranthus barbatus</i> Andrews.	18
Figura 4 - Esquema de produção dos extratos aquoso e etanólico de <i>Plectranthus barbatus</i> . 28	
Figura 5 - Esquema utilizado para a determinação dos compostos fenólicos.	29
Figura 6 - Esquema do ensaio para a avaliação da atividade antioxidante dos extratos etanólico e aquoso pelo método DPPH.	32
Figura 7 - Representação do ensaio para a avaliação da atividade antioxidante pelo método ABTS•+.	34
Figura 8 - Foto da exsicata contendo flores e folhas de <i>Plectranthus barbatus</i> depositada no herbário José Badini da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP.....	35
Figura 9 - (A) Extrato etanólico e (B) Extrato aquoso obtidos das folhas de <i>Plectranthus barbatus</i> Andrews.	36
Figura 10 - Soluções de ácido gálico em diferentes concentrações, após adição do reagente Folin-Ciocalteu: da esquerda para direita tubo 1: 10 µg/mL, Tubo 2: 20 µg/mL, Tubo 3: 30 µg/mL, Tubo 4: 40 µg/mL e Tubo 5: 50 µg/mL.	36
Figura 11 - Curva analítica padrão do ácido gálico.	37
Figura 12 - Estabilização do radical livre DPPH.	39
Figura 13 - Descoramento do radical DPPH após ser neutralizado por uma substância antioxidante.	39
Figura 14 - Estabilização do radical ABTS.+ por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio.	41
Figura 15 - Da esquerda para a direita, descoramento do radical ABTS após ser neutralizado por uma substância antioxidante.	41
Figura 16 - Curva padrão de trolox e equação da reta obtida.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Parâmetros utilizados no teste antioxidante pela captura do radical DPPH.	31
Tabela 2- Teor de compostos fenólicos nos extratos etanólico (EEPB) e aquoso (EAPB) das folhas de <i>Plectranthus barbatus</i>	37
Tabela 3 - Atividade antioxidante dos extratos etanólico (EEPB) e aquoso (EAPB) de <i>Plectranthus barbatus</i> pelo método de captura do radical DPPH.	40
Tabela 4 - Concentrações dos extratos etanólico (EEPB) e aquoso (EAPB) de <i>Plectranthus barbatus</i> , quercetina e trolox em µg/mL que reduz 50% do radical livre (CE ₅₀) DPPH.	40
Tabela 5 - Valores de TEAC para os extratos etanólico (EEPB) e aquoso (EAPB) das partes aéreas de <i>Plectranthus barbatus</i> , utilizando o padrão Trolox.	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Diterpenos presentes no <i>Plectranthus barbatus</i> e suas atividades biológicas.....	20
Quadro 2 - Estruturas químicas de alguns compostos fenólicos encontrados no <i>Plectranthus barbatus</i> e suas atividades biológicas.	23

LISTA DE ABREVIATURAS

ABTS: Ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico);

ABTS^{•+}: Radical do ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico);

AMPc: Monofosfato de adenosina cíclico;

ARR: Atividade de retirada do radical;

BHA: Hidroxianisol butilado;

BHT: Hidroxitolueno butilado;

CAT: Catalase;

CE₅₀: Concentração necessária para reduzir 50% do teor de radicais livres presentes em uma solução

DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazila;

EAPB: Extrato aquoso de *Plectranthus barbatus*;

EEPB: Extrato etanólico de *Plectranthus barbatus*;

IFAV: Insumo Farmacêutico Ativo Vegetal;

SOD: Superóxido dismutase;

TEAC: Atividade Antioxidante Equivalente ao Trolox;

UV: Ultravioleta.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 - <i>Plectranthus barbatus Andrews</i>	17
2.2 - Metabólitos secundários e atividades biológicas	18
3. JUSTIFICATIVA	24
4. OBJETIVOS	26
4.1 Objetivo geral	26
4.2 Objetivos específicos	26
5. METODOLOGIA.....	27
5.1 - Coleta do material Vegetal	27
5.2 - Preparo dos extratos	27
5.3 Determinação do conteúdo fenólico total	28
5.3.1 Solução de ácido gálico	28
5.3.2 Solução de carbonato de sódio a 10%	28
5.3.3 Solução dos extratos para a determinação do conteúdo fenólico	28
5.3.4 Determinação do conteúdo fenólico	29
5.4 Teste de captura do radical DPPH	30
5.4.1 Solução de DPPH	30
5.4.2 Solução dos extratos para o teste do DPPH	30
5.4.3 Solução de quercetina para o teste do DPPH.....	30
5.4.4 Solução de trolox para o teste do DPPH.....	30
5.4.5 Método de captura do radical DPPH	31
5.5 Teste de captura do radical ABTS.....	32
5.5.1 Solução estoque de ABTS 7mM.....	32

5.5.2 Solução de persulfato de potássio 140mM	32
5.5.3 Preparo do radical <i>ABTS</i> •+	32
5.5.4 Solução de trolox para o teste do ABTS	33
5.5.5 Solução do extrato para o teste do ABTS	33
5.5.6 Método de captura do radical ABTS	33
5.6 - Análise estatística.....	34
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
6.1 Rendimento dos extratos	35
6.2 Avaliação do conteúdo fenólico com o reagente de Folin-Ciocalteu.....	36
6.3 Avaliação da atividade antioxidante usando DPPH.....	38
6.4 Determinação da atividade antioxidante pela captura do radical ABTS	41
7. CONCLUSÃO.....	44
REFERÊNCIAS.....	45

1. INTRODUÇÃO

No organismo, os radicais livres são produzidos de forma contínua como subprodutos de processos metabólicos normais, e são definidos como átomos ou moléculas que apresentam elétrons desemparelhados em sua última camada de valência. Esta configuração faz com que os radicais livres sejam altamente reativos, buscando estabilidade através da interação com outras moléculas (Velloso *et al.*, 2021). Os radicais livres são produzidos por meio do metabolismo do organismo de seres vivos, tendo a mitocôndria como a maior fonte de produção. Também podem ser produzidos através de fontes externas, como a radiação UV, pesticidas, fármacos, solventes industriais, entre outros (Martelli e Nunes, 2014). A produção excessiva de radicais livres pode provocar a um estresse oxidativo. O estresse oxidativo leva à oxidação de biomoléculas, fazendo com que estas percam a sua funcionalidade (Gutteridge e Halliell, 2010), além de contribuir para alterações graves na etiologia e/ou no avanço de inúmeras patologias, como neurodegeneração, doenças cardiovasculares, diabetes e câncer (Lagoa *et al.*, 2011).

Processos antioxidantes desempenham um importante papel na proteção contra o estresse oxidativo, além de reduzir os danos celulares. Antioxidantes são substâncias que, mesmo em pequenas concentrações, retardam, ou até mesmo inibem, a oxidação de substratos, visto que são capazes de estabelecer uma interação com os radicais livres, tornando-os estáveis, e até mesmo interromper a sua formação (Figura1). Desta forma, é possível impedir o estresse oxidativo e, conseqüentemente, a destruição de células (Pereira, 2013).

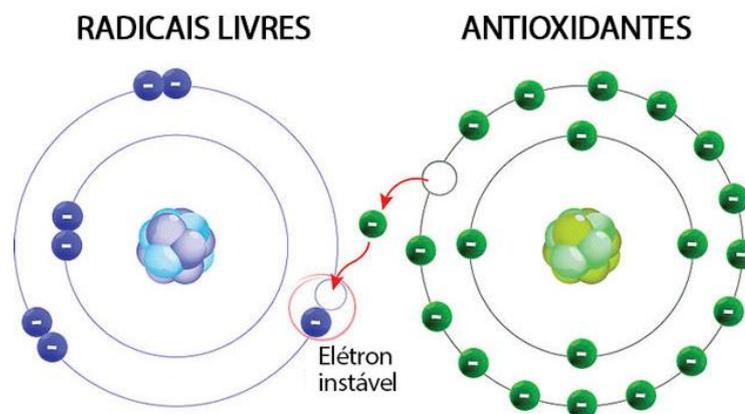


Figura 1 - Mecanismo de neutralização dos radicais livres por antioxidantes.

Fonte: Sandes, 2021

Há vários meios pelos quais os seres vivos podem obter substâncias, com o intuito de regular a produção de radicais livres. Estes antioxidantes são gerados pelo próprio organismo e também podem ser oriundos da dieta (Oliveira *et al.*, 2009). Vitaminas, carotenóides e compostos fenólicos são exemplos de antioxidantes presentes em frutas e vegetais, comumente conhecidos (Oliveira *et al.*, 2009). Quando ocorre a redução de compostos antioxidantes no organismo, promovendo um desequilíbrio entre o balanço pró-oxidante/antioxidante, em detrimento do cenário pró-oxidante e com aumento dos radicais livres, há um dano potencial relacionado com as patologias de várias doenças (Morais *et al.*, 2009). Sendo assim, é possível notar um aumento significativo do interesse por pesquisas nesse campo, especialmente na busca por novos antioxidantes.

De forma geral, os antioxidantes podem ser agrupados em dois tipos principais: os de origem natural e os produzidos sinteticamente (Degáspari e Waszczyński, 2004). Hidroxitolueno butilado (BHT) e hidroxianisol butilado (BHA) são os antioxidantes sintéticos mais conhecidos (Figura 2), largamente utilizados nas indústrias de medicamentos, cosméticos e alimentos. Porém, alguns destes antioxidantes sintéticos podem apresentar toxicidade e causar danos prejudiciais à saúde humana (Sousa *et al.*, 2007).

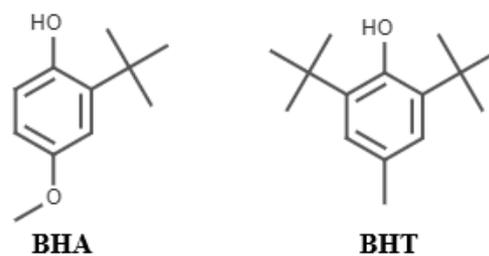


Figura 2- Estruturas químicas do Terc-butil-4-hidroxianisol (BHA) e do Hidroxitolueno butilado (BHT).

Os antioxidantes advindos de fontes naturais, como os compostos fenólicos (Figura 2), são substâncias bioativas que podem ser obtidas a partir de alimentos e plantas, como frutas, verduras, grãos e ervas tradicionais (Mendonça *et al.*, 2022).

Levando em consideração os inúmeros efeitos adversos dos antioxidantes sintéticos, há um aumento do interesse em desenvolver alvos medicamentosos inovadores baseados em compostos vegetais, visto que os produtos naturais parecem oferecer benefícios terapêuticos significativos relacionados à uma menor chance de ocorrência de efeitos indesejáveis, em comparação com os sintéticos (Rodrigues *et al.*, 2008).

O *Plectranthus barbatus*, membro da família *Lamiaceae*, é uma planta amplamente reconhecida como boldo-de-jardim. A espécie tem sido utilizada extensivamente na medicina popular em países africanos e do Extremo Oriente (Warycha *et al.*, 2022). No Brasil, é popularmente conhecido como boldo-brasileiro e boldo-nacional. Seu notável potencial terapêutico levou a sua inclusão em diversas formas de regulamentação e reconhecimento, como a Relação Nacional de Plantas Medicinais de Interesse ao SUS (RENISUS) e o Formulário Nacional de Fitoterápicos (Anvisa).

A espécie é frequentemente empregada na forma de infusões para o tratamento de uma variedade de condições. É comumente utilizada para questões digestivas, ajudando a aliviar dores gastrointestinais, para amenizar desconfortos urinários e reduzir inflamações. Além destas aplicações, o boldo-de-jardim também é benéfico para condições respiratórias, como bronquite e asma - devido às suas propriedades expectorantes e antiespasmódicas - e para problemas cardiovasculares (Warycha *et al.*, 2022).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 - *Plectranthus barbatus* Andrews.

No Brasil, o *Plectranthus barbatus* (Figura 3) recebe algumas designações populares, entre elas: “falso-boldo”, “boldo-brasileiro”, “boldo-nacional”, “boldo-do-reino”, “alumã”, “malva-santa”, “malva-amarga”, “sete-dores”, “folha-de-oxalá” ou “boldo-de-jardim” (Cordeiro *et al.*, 2022). A espécie pertence à família Lamiaceae, que abrange uma ampla diversidade de plantas do gênero *Plectranthus*, encontrada em várias partes do mundo e com grande potencial farmacológico (Barbosa *et al.*, 2023).

As espécies do gênero *Plectranthus* provavelmente se originaram na África, Ásia e Austrália, com ocorrência natural, e algumas, como o *Plectranthus barbatus*, foram incorporadas no território brasileiro, se adequaram ao clima, e hoje são cultivadas em todo país (Rodrigues *et al.*, 2011) para fins medicinais, econômicos e ornamentais (Ribeiro *et al.*, 2017). Esta planta é um arbusto perene, com aroma marcante, ciclo de vida longo e pode chegar a atingir 1,0 a 1,5 metros de altura. Seus ramos são de secção quadrangular; as folhas se apresentam opostas, ovaladas, alongadas e aveludadas e atingem de 5,0 a 8,0 cm de comprimento. Suas flores, agrupadas em cachos, são pentâmeras e possuem coloração azul a violácea, podendo alcançar cerca de 25,0 cm de comprimento (Martins *et al.*, 1995).

Os extratos advindos do *Plectranthus barbatus* têm sido empregados na medicina tradicional em vários países, abordando uma variedade de problemas de saúde (Agarwal e Parks, 1982). No Brasil, as folhas do *P. barbatus* são mais utilizadas por meio de decocções e infusões para mitigar inflamações (Warycha *et al.*, 2022), tratar distúrbios digestivos, respiratórios, circulatórios, nervosos e infecções. Também já foram relatadas as propriedades abortivas, contraceptivas (Fernandes *et al.*, 2012), antiespasmódicas, antimaláricas e antioxidantes da espécie (Kapewangolo *et al.*, 2013).

Estudos realizados com extratos de *P. Barbatus* demonstraram várias atividades biológicas. No estudo de Lukhoba e colaboradores (2006), os extratos aquoso e etanólico do *P. barbatus* apresentaram propriedades anti-inflamatória, antioxidante e antimicrobiana, indicando seu potencial terapêutico para várias condições de saúde, incluindo distúrbios cardiovasculares, respiratórios, gastrointestinais e do sistema nervoso central, além de se mostrarem uma fonte promissora de compostos bioativos (Rodrigues *et al.*, 2010). Além disso,

foram observadas outras atividades como potencial antitumoral, hipotensiva e citotóxica (Amina *et al.*, 2018), ampliando ainda mais o espectro de possíveis utilizações clínicas desses extratos.

De acordo com Souza (2024), os extratos etanólico e aquoso das folhas de *P. barbatus* apresentaram atividade antiartrite em camundongos C57BI/6 por inibirem a migração de neutrófilos e reduzirem a concentração das citocinas pró-inflamatórias IL1- β , IL-6 e TNF- α na região onde a inflamação foi induzida.



Figura 3 - Folhas e flores de *Plectranthus barbatus* Andrews.

Fonte: Isabela Fernanda de Souza, 2022

2.2 - Metabólitos secundários e atividades biológicas

Os metabólitos secundários de uma espécie vegetal são compostos produzidos por diferentes vias biossintéticas, cuja estrutura química e quantidade são bastante influenciadas pelo ambiente (Pavarini *et al.*, 2012) como, por exemplo, pela sazonalidade, ritmo circadiano, temperatura, disponibilidade hídrica e de nutrientes, radiação UV, altitude, poluição atmosférica, além dos estímulos mecânicos e de ataques por patógenos (Globbo-Neto e Lopes,

2007).

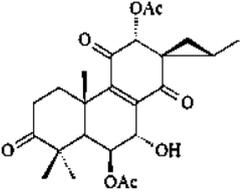
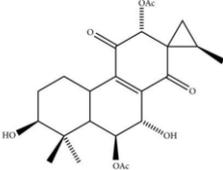
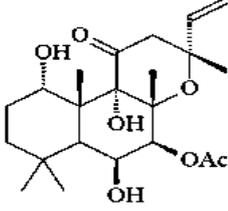
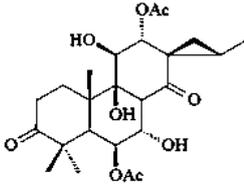
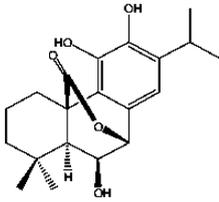
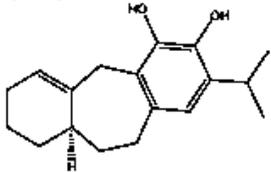
Uma diversidade de metabólitos secundários pode ser produzida por espécies do gênero *Plectranthus*, com destaque para os diterpenos, que apresentaram atividades biológicas já relatadas na literatura. Diterpenos abietanos são comumente encontrados em plantas que pertencem à família Lamiaceae (Lima, 2013). Alguns como barbatusina, ciclobutatusina, 6 β -Hidroxicarnosol, barbatusol, plectrina, cariocal, coleonon E, coleon F, plectrinona A e plectrinona B (Quadro 1) já foram identificados em *P. barbatus* e apresentam importância farmacológica ou química (Albuquerque *et al.*, 2007).

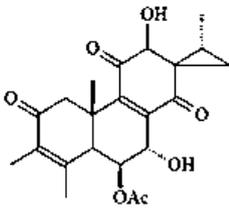
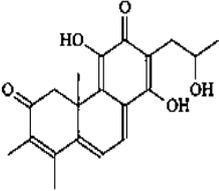
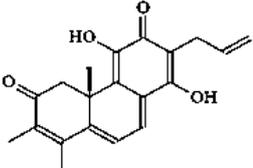
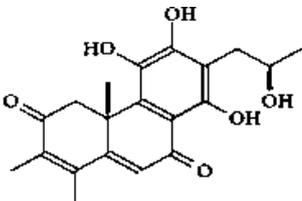
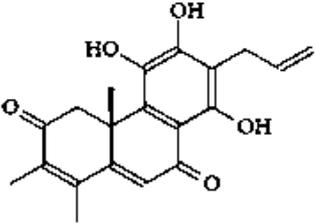
No estudo conduzido por Rodrigues e colaboradores (2010), a barbatusina e a 3 β -hidroxidesoxibarbatusina foram extraídas e purificadas de *P. barbatus* e administradas, por via oral, a ratos, apresentando um efeito significativo na proteção da mucosa gástrica dos animais (Silva *et al.*, 2017). Além desses, outros diterpenos encontrados no extrato desta planta demonstraram propriedades de proteção gástrica, o que pode estar correlacionado com a utilização tradicional de espécies de *Plectranthus* no tratamento de distúrbios digestivos (Silva *et al.*, 2017).

Ademais, a espécie representa uma boa fonte de forskolina, um dos principais componentes do *Plectranthus barbatus*, que possui uma gama de atividades biológicas que sustentam seu potencial farmacológico em diversas aplicações terapêuticas. Esse diterpeno pode levar à ativação de uma enzima conhecida como adenilciclase, estimulando a secreção gástrica, o que elucida a utilização da planta como digestiva (Brandolt *et al.*, 2007). A forskolina também demonstrou efeitos sobre o metabolismo lipídico, estimulando a quebra de gordura armazenada, promovendo a perda de peso; efeitos vasodilatadores, o que pode ser benéfico para a saúde cardiovascular; além de atividade anti-inflamatória. Os achados sugerem que a forskolina possui potencial para o tratamento de condições inflamatórias crônicas (Alasbahi e Melzig, 2010), hipertensão, tumores e dor (Costa, 2006).

No Quadro 1, estão representadas as estruturas químicas dos diterpenos presentes no *P. Barbatus* e suas atividades biológicas já relatadas.

Quadro 1 - Diterpenos presentes no *Plectranthus barbatus* e suas atividades biológicas.

Diterpeno	Atividade biológica	Referência
<p>Barbatusina</p> 	<p>Proteção gástrica, potencial terapêutico no tratamento de distúrbios digestivos</p>	<p>Rodrigues <i>et al.</i>, 2010; Silva <i>et al.</i>, 2017</p>
<p>3β-Hidroxidesoxibarbatusina</p> 	<p>Proteção gástrica, potencial terapêutico no tratamento de distúrbios digestivos.</p>	<p>Rodrigues <i>et al.</i>, 2010; Silva <i>et al.</i>, 2017</p>
<p>Forskolina</p> 	<p>Atividades anti- inflamatória e vasodilatadora, estimulação da secreção gástrica, metabolismo lipídico (perda de peso), tratamento de hipertensão, tumores e dor</p>	<p>Costa, 2006; Brandolt <i>et al.</i>, 2007; Alasbahi e Melzig, 2010.</p>
<p>Ciclobutatusina</p> 	<p>Atividades antioxidantes ou anti-inflamatórias.</p>	<p>Lima, 2013</p>
<p>6β-Hidroxycarnosol</p> 	<p>Potencial antioxidante e anti-inflamatório, importante para a proteção celular e redução de danos oxidativos.</p>	<p>Lima, 2013</p>
<p>Barbatusol</p> 	<p>A antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana.</p>	<p>Albuquerque <i>et al.</i>, 2007</p>

<p>Plectrina</p> 	<p>Potencial antioxidante, antimicrobiano e anti-inflamatório.</p>	<p>Albuquerque <i>et al.</i>, 2007</p>
<p>(16S) Coleonon E</p> 	<p>Potencial antioxidante e anti-inflamatório.</p>	<p>Albuquerque <i>et al.</i>, 2007</p>
<p>Coleon F</p> 	<p>Potencial antioxidante e anti-inflamatório.</p>	<p>Albuquerque <i>et al.</i>, 2007</p>
<p>Plectrinona A</p> 	<p>Potencial antioxidante, anti-inflamatório e antimicrobiano.</p>	<p>Albuquerque <i>et al.</i>, 2007</p>
<p>Plectrinona B</p> 	<p>Potencial antioxidante, anti-inflamatório e antimicrobiano.</p>	<p>Albuquerque <i>et al.</i>, 2007</p>

Fonte: elaborado pela autora

Além dos diterpenos, estudos fitoquímicos de *Plectranthus barbatus* indicaram a presença de compostos fenólicos, como ácidos fenólicos e flavonoides (Cordeiro *et al.*, 2022), que contribuem para as propriedades medicinais da planta. Compostos fenólicos são metabólitos secundários que contêm um anel aromático com uma hidroxila ou mais, sendo

frequentemente associados à atividade antioxidante (Melo e Guerra, 2002). A atividade antioxidante desses compostos se deve principalmente às suas propriedades de oxirredução, as quais exercem um papel fundamental na absorção e neutralização de radicais livres (Degáspari e Waszczyński, 2004).

Os flavonoides, como a quercetina e a apigenina são antioxidantes primários, que reagem com os radicais livres e quelam metais (Rodrigues *et al.*, 2008). Dessa forma, esses compostos contribuem para a atividade antioxidante da planta, ajudando a prevenir danos celulares causados por radicais livres.

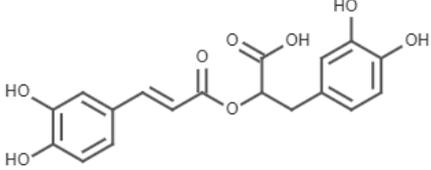
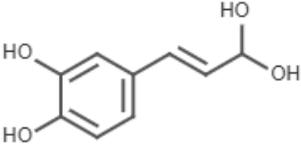
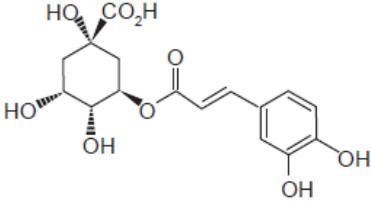
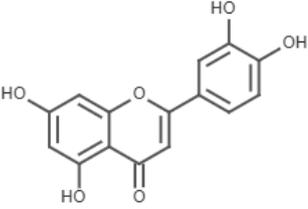
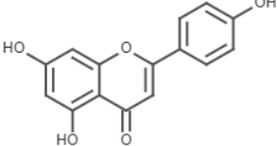
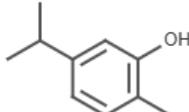
A presença de ácido rosmarínico foi identificada em estudos fitoquímicos do *P. barbatus* (Falé *et al.*, 2009), assim como a presença dos ácidos cafeico (Pires *et al.*, 2016) e clorogênico (Abdel-Mogib *et al.*, 2002). Esses compostos têm despertado um enorme interesse, devido às suas potenciais propriedades medicinais. Esses compostos contribuem para a atividade antioxidante observada nos extratos de *P. barbatus* (Warycha *et al.*, 2022). O ácido rosmarínico é o principal composto fenólico identificado e é amplamente reconhecido por sua propriedade antioxidante (Gomes, 2014), além de apresentar atividades antimicrobiana, anti-inflamatória, entre outras. Este composto é absorvido pelo sistema gastrointestinal ou pela pele, estimulando o aumento de prostaglandinas e reduzindo a produção de leucotrienos (Park *et al.*, 2008).

Matosinhos e colaboradores (2022) demonstraram em seus estudos que os ácidos clorogênico e cafeico foram capazes de reduzir a concentração de citocinas pró-inflamatórias e a hipernocicepção em camundongos C57/Bl6 induzidos à artrite por injeção de cristais de urato monossódico na articulação fêmur-tibial, apresentando, assim, importantes atividades anti-inflamatória e antinociceptiva

De acordo com Chen e colaboradores (2019), o ácido clorogênico demonstrou atividades benéficas na regulação do metabolismo da glicose, assim como na redução do risco de doenças cardiovasculares (Chen *et al.*, 2019). Ademais, o ácido clorogênico mostrou efeito na estimulação da atividade das enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) em camundongos C57BL/6 induzido à artrite, evidenciando seu potencial em reduzir o estresse oxidativo e regular o processo inflamatório (Matosinhos *et al.*, 2022).

No Quadro 2, estão representadas as estruturas químicas de alguns compostos fenólicos encontrados no *P. barbatus* e suas atividades biológicas já relatadas.

Quadro 2 - Estruturas químicas de alguns compostos fenólicos encontrados no *Plectranthus barbatus* e suas atividades biológicas.

Composto fenólico	Atividade biológica	Referência
<p>Ácido Rosmarínico</p> 	<p>Atividades antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória, estimulação da produção de prostaglandinas e redução da produção de leucotrienos.</p>	<p>Park <i>et al.</i>, 2008; Falé <i>et al.</i>, 2009; Gomes, 2014</p>
<p>Ácido Cafeico</p> 	<p>Atividades antioxidante e anti-inflamatória, redução de citocinas pró-inflamatórias e hipernociceção, atividade antinociceptiva</p>	<p>Pires <i>et al.</i>, 2016; Matosinhos <i>et al.</i>, 2022</p>
<p>Ácido Clorogênico</p> 	<p>Atividades antioxidante e anti-inflamatória, redução de citocinas pró-inflamatórias, regulação do metabolismo da glicose, atividade antinociceptiva</p>	<p>Abdel-Mogib <i>et al.</i>, 2002; Chen <i>et al.</i>, 2019; Matosinhos <i>et al.</i>, 2022.</p>
<p>Quercetina</p> 	<p>Atividade antioxidante, reação com radicais livres, quelante de metais.</p>	<p>Rodrigues <i>et al.</i>, 2008</p>
<p>Apigenina</p> 	<p>Atividade antioxidante, reação com radicais livres, quelante de metais.</p>	<p>Rodrigues <i>et al.</i>, 2008</p>
<p>Carvacrol</p> 	<p>Atividades antimicrobiana, anti-inflamatória e antioxidante, ação sobre o sistema nervoso central, relaxante muscular.</p>	<p>Melo e Guerra, 2002; Cordeiro <i>et al.</i>, 2022.</p>

Fonte: elaborado pela autora

3. JUSTIFICATIVA

A produção de radicais livres em quantidades apropriadas é fundamental para diversas funções fisiológicas, porém, a liberação excessiva pode direcionar a um estresse oxidativo. (Halliel e Gutteridge, 2010). Diversos fatores contribuem para o aumento do estresse oxidativo, incluindo hábitos de vida inadequados, como o consumo excessivo de álcool, o tabagismo e uma dieta desequilibrada, além do envelhecimento e de situações psicológicas que geram estresse emocional (Vasconcelos *et al.*, 2014). Além disso, os danos oxidativos nas células e tecidos têm sido associados ao desenvolvimento de várias doenças, incluindo condições degenerativas, como doenças cardíacas, aterosclerose e problemas respiratórios. Os danos ao DNA provocados pelos radicais livres também desempenham um papel na mutagênese, carcinogênese (Bianchi e Antunes, 1999) e no desenvolvimento de doenças crônicas, como diabetes, hipertensão e câncer; e degenerativas, como doença de Alzheimer e mal de Parkinson (Vasconcelos *et al.*, 2014). Diante disso, é cada vez mais urgente a busca por antioxidantes, substâncias que podem retardar ou impedir os processos de oxidação.

Antioxidantes sintéticos são de uso restrito devido aos efeitos adversos que podem causar, enquanto os antioxidantes naturais podem oferecer vantagens em comparação a eles (Oliveira *et al.*, 2009). Os antioxidantes sintéticos vêm sendo substituídos por produtos oriundos da natureza, que estão ganhando uma importância cada vez maior na prática terapêutica pela eficácia apresentada e pelos efeitos adversos reduzidos (Bandeira *et al.*, 2011), o que justifica a busca por novos antioxidantes de fontes naturais.

O estudo da biodiversidade brasileira tem se revelado bastante promissor, uma vez que a abundância das reservas naturais no Brasil representa uma potencial fonte de novas substâncias e extratos bioativos e a possibilidade de descoberta de novas terapias (Valli *et al.*, 2018). O *Plectranthus barbatus*, conhecido como boldo brasileiro, foi escolhido para este trabalho por seu uso difundido na medicina popular mundial e sua importância na medicina tradicional brasileira para tratar diversas patologias. Esta espécie está na lista de plantas medicinais de interesse do SUS (RENISUS) e consta no Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira (ANVISA). Além disso, relatos na literatura comprovam a atividade antioxidante do *Plectranthus barbatus*, justificando sua aplicação neste estudo para a avaliação dessa atividade *in vitro*.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo a busca por uma melhor

compreensão das propriedades antioxidantes dos extratos aquoso e etanólico das folhas do *Plectranthus barbatus*, uma espécie vegetal conhecida por apresentar uma ampla variedade de propriedades biológicas benéficas. Este estudo visou colaborar para o desenvolvimento de novos insumos ativos vegetais (IFAVs), por meio de informações sobre a atividade antioxidante dos extratos aquoso e etanólico de *P. barbatus*.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

4.1.1 Avaliar a atividade antioxidante e dosar o teor de compostos fenólicos dos extratos etanólico e aquoso das folhas de *Plectranthus barbatus*.

4.2 Objetivos específicos

4.2.1 Determinar o conteúdo fenólico total dos extratos etanólico e aquoso das folhas de *P. barbatus* Andrews.

4.2.2 Avaliar *in vitro* a atividade antioxidante dos extratos aquoso e etanólico de *Plectranthus barbatus*, utilizando os métodos de captura dos radicais DPPH e ABTS.

5. METODOLOGIA

5.1 - Coleta do material Vegetal

As folhas de *Plectranthus barbatus* foram coletadas em setembro de 2022. As folhas foram cedidas de uma horta privada de um morador do bairro Citrolândia, em Betim, Brasil, a uma elevação de 860 metros acima do nível do mar (latitude – 20.0242958 e longitude – 44.2297459).

Uma exsicata da planta com flores foi preparada e entregue à Dra. Viviane Renata Scalon, botânica e curadora do herbário José Badini da Universidade Federal de Ouro Preto, MG – Brasil, que realizou a identificação botânica da espécie. A exsicata foi depositada sob o número de registro: OUPR 38049 (Figura 4).

5.2 - Preparo dos extratos

Folhas de *Plectranthus barbatus* (4,5 kg) foram secas em uma estufa com circulação de ar, a uma temperatura de 37° C, até remoção total da umidade (Figura 4). O rendimento obtido foi de 138,0 g de folhas secas. Em seguida, as folhas foram pulverizadas até atingirem o tamanho padronizado das partículas. Para obtenção do extrato etanólico, as folhas secas e pulverizadas (100 g) foram extraídas pelo método de percolação com etanol P.A. até o esgotamento total do material vegetal. Para obtenção do extrato aquoso, 20 g do material vegetal foram extraídos com 500 mL de água deionizada, aquecida a 98°C, durante 20 minutos. Os solventes extratores foram evaporados em evaporador rotativo, sob pressão reduzida (Figura 4). Os extratos foram mantidos em estufa com circulação de ar até peso constante. Em seguida, os extratos foram armazenados em frascos de vidro, previamente pesados e rotulados, e mantidos em um dessecador com a presença de dessecante, sob vácuo, até peso constante, originando os extratos etanólico (EEPB) e aquoso (EAPB) secos.



Figura 4 - Esquema de produção dos extratos aquoso e etanólico de *Plectranthus barbatus*.

Fonte: Isabela Fernanda de Souza, 2023

5.3 Determinação do conteúdo fenólico total

5.3.1 Solução de ácido gálico

Em um balão volumétrico de 100 mL, foram adicionados 5,0 mg de ácido gálico, e metanol para aferir o volume do balão e solubilizar o ácido gálico. A partir desta solução-estoque, foram realizadas diluições nas concentrações de 10,0; 20,0; 30,0; 40,0 e 50,0 µg/mL.

5.3.2 Solução de carbonato de sódio a 10%

Pesaram-se 2,5 g de carbonato de sódio, em uma balança analítica, e transferiram-se para um balão volumétrico de 25 mL. Adicionou-se água destilada para solubilizar o carbonato de sódio e completar o volume do balão.

5.3.3 Solução dos extratos para a determinação do conteúdo fenólico

Em balões volumétricos de 10 mL, foi adicionado 1 mg de extrato etanólico para o balão A, e 1 mg do extrato aquoso para o balão B. O metanol foi utilizado para solubilizar extrato

etanólico e aferir o volume do balão A. A água destilada foi utilizada para solubilizar o extrato aquoso e aferir o volume do balão B.

5.3.4 Determinação do conteúdo fenólico

Para determinar o teor de compostos fenólicos presentes nos extratos aquoso e etanólico das partes aéreas do *Plectranthus barbatus*, foi empregado o método de Swain Hillis (1959) com modificações, utilizando o Folin-Ciocalteu como reagente.

A tubos de ensaio, foram adicionados 250 μ L das soluções dos extratos e 250 μ L do reagente Folin-Ciocalteu (Figura 7). Após a homogeneização em vórtex, os tubos foram deixados em repouso durante 3 minutos. Em seguida, adicionaram-se 250 μ L da solução aquosa de carbonato de sódio a 10%, seguido por um período de incubação de 1 hora, ao abrigo da luz. O espectrofotômetro foi zerado com metanol para realizar a leitura do extrato etanólico, e com água destilada para realizar a leitura do extrato aquoso. As leituras foram realizadas em 760 nm.

O ácido gálico foi adotado como padrão de referência. Os mesmos procedimentos executados com as soluções dos extratos foram realizados para produzir a curva de calibração (que continha soluções de ácido gálico nas concentrações de 10,0; 20,0; 30,0; 40,0 e 50,0 μ g/mL. O espectrofotômetro foi zerado com metanol. A quantidade de compostos fenólicos foi expressa em miligramas de ácido gálico por grama de extrato. Todos os testes foram conduzidos em triplicata.

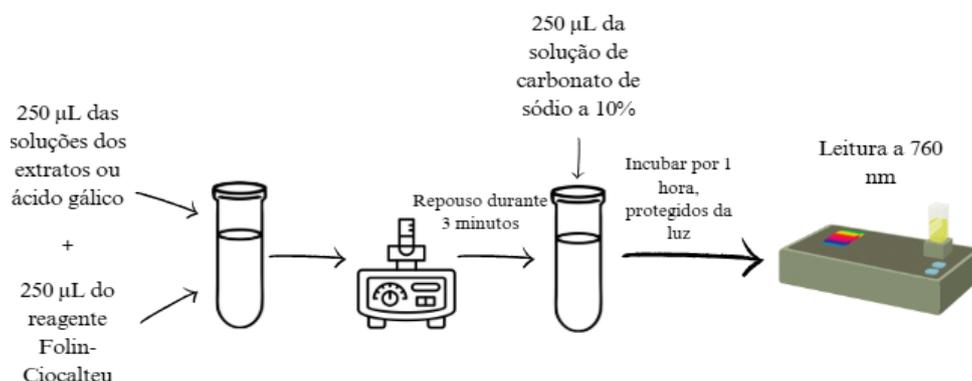


Figura 5 - Esquema utilizado para a determinação dos compostos fenólicos.

Fonte: elaborado pela autora

5.4 Teste de captura do radical DPPH

5.4.1 Solução de DPPH

A solução de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) 0,38 mM foi preparada no dia do experimento. Em uma balança analítica, foram pesados 14,98 mg de DPPH, que, em seguida, foram transferidos para um balão volumétrico de 100 mL. Posteriormente, o metanol foi adicionado, e o volume do balão foi aferido. A solução foi mantida ao abrigo da luz, a temperatura ambiente, até o momento de sua utilização.

5.4.2 Solução dos extratos para o teste do DPPH

Os extratos aquoso e etanólico de *P. barbatus* (3,125 mg) foram adicionados a balões volumétricos de 25 mL. No balão contendo o EEPB, o volume foi aferido com metanol. No balão volumétrico contendo o EAPB, o volume foi aferido com água destilada, resultando em soluções finais com concentração de 125 µg/mL. Estas soluções foram posteriormente diluídas para originar concentrações de 100,0; 75,0; 50,0 e 25,0 µg/mL.

5.4.3 Solução de quercetina para o teste do DPPH

Em um balão volumétrico de 10 mL, foi adicionado 1 mg de quercetina e metanol para solubilizar e aferir o volume do balão. A partir desta solução, prepararam-se as demais diluições com concentrações de 0,5; 1,0; 5,0; 10,0 e 20,0 µg/mL.

5.4.4 Solução de trolox para o teste do DPPH

Em um balão volumétrico de 10 mL, foi adicionado 1 mg de trolox e metanol suficiente para solubilizar completamente o trolox e completar o volume do balão, obtendo-se uma solução com concentração de 100 µg/mL. Desta solução, prepararam-se diluições com concentrações de 1,0; 5,0; 10,0; 15,0 e 20,0 µg/mL.

5.4.5 Método de captura do radical DPPH

A avaliação da atividade antioxidante foi realizada usando o método descrito por Singh e colaboradores (2002), com adaptações. O radical livre DPPH possui uma coloração violeta, que desaparece quando neutralizado, resultando em uma mudança de cor para amarelo. O procedimento é, então, fundamentado nesta alteração da cor da solução do radical DPPH. Para se obterem concentrações de 25,0; 50,0; 75,0; 100, 0 e 125,0 µg/mL dos extratos etanólico e aquoso, utilizou-se metanol e água destilada, respectivamente. A quercetina foi empregada como antioxidante de referência nas concentrações de 0,5, 1,0; 5,0; 10,0 e 20,0 µg/mL; e o trolox foi utilizado nas concentrações de 1,0; 5,0; 10,0; 15,0 e 20,0 µg/mL.

Para o preparo das amostras, em tubos de ensaio, foram adicionados 750 µL das soluções dos extratos e 1,5 mL da solução de DPPH (Tabela 1 e Figura 5). O mesmo procedimento foi realizado para as soluções de quercetina e trolox. Os tubos foram incubados a 32°C em estufa, por 30 minutos. Adicionalmente, prepararam-se os controles em tubos de ensaio, adicionando 750 µL das soluções dos extratos e 1,5 mL de metanol, repetindo-se os processos para as soluções de quercetina e trolox. Um tubo de ensaio contendo 750 µL de metanol e 1,5 mL de DPPH foi utilizado como branco (Tabela 1 e Figura 5). Todos os controles e o branco foram incubados em estufa, a 32°C, por um período de 30 minutos. Após o período de incubação, as absorbâncias de todas as amostras foram medidas em triplicata em espectrofotômetro, a um comprimento de onda de 517 nm.

A atividade de retirada do radical (ARR), expressa em porcentagem de inibição, foi calculada a partir da seguinte equação:

$$\% \text{ ARR} = 1 - (\text{Abs. amostra} - \text{Abs. controle} / \text{Abs. branco}) \times 100$$

No qual Abs = absorbância

Tabela 1- Parâmetros utilizados no teste antioxidante pela captura do radical DPPH.

Tubos de ensaio	Solução de extrato/quercetina/Trolox	Solução de DPPH	Metanol
Branco	-	1,5 mL	750 µL
Controle/ Quercetina/Trolox	750 µL	-	1,5 mL
Extrato/Quercetina/Trolox	750 µL	1,5 mL	-

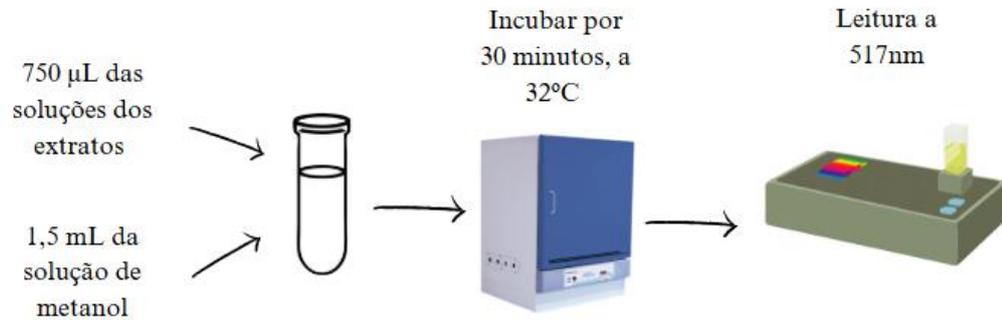


Figura 6 - Esquema do ensaio para a avaliação da atividade antioxidante dos extratos etanólico e aquoso pelo método DPPH.

Fonte: elaborado pela autora

5.5 Teste de captura do radical ABTS

5.5.1 Solução estoque de ABTS 7mM

Pesaram-se e transferiram-se para um balão volumétrico de 25 mL, 96,0 mg do ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolona-6-sulfônico) (ABTS). A água destilada foi utilizada para solubilizar o ABTS e completar o volume do balão. A solução foi então transferida para um frasco âmbar e mantida sob refrigeração ao abrigo da luz.

5.5.2 Solução de persulfato de potássio 140mM

Em um balão volumétrico de 2 mL, foram adicionados 75,68 mg de persulfato de potássio. Em seguida, a água destilada foi adicionada para solubilizar o persulfato de potássio e aferir o volume do balão volumétrico. A solução foi transferida para um frasco âmbar e mantida sob refrigeração ao abrigo da luz.

5.5.3 Preparo do radical *ABTS*•+

Em um béquer coberto com papel alumínio, adicionaram-se 88 µL da solução de persulfato de potássio 140 mM e 5 mL da solução-estoque de ABTS. A solução foi mantida à

temperatura ambiente, protegida da exposição à luz, durante um período de, no mínimo, 16 horas. Após a incubação, adicionou-se o etanol até que a absorção se encontrasse dentro da faixa de $0,70 \pm 0,05$ nm no comprimento de onda de 734 nm.

5.5.4 Solução de trolox para o teste do ABTS

A solução de trolox foi preparada no dia do uso e protegida da luz. Em um balão volumétrico de 50 mL, foram adicionados 25 mg de trolox. O etanol foi utilizado para solubilizar o trolox e completar o volume do balão. Desta solução, prepararam-se diluições de trolox nas concentrações de 0,1; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 mM.

5.5.5 Solução do extrato para o teste do ABTS

Os extratos etanólico e aquoso (31,25 mg) foram adicionados a balões volumétricos de 25 mL. Para solubilizar os extratos e aferir o volume dos balões, adicionou-se metanol ao balão contendo o extrato etanólico, e água ao balão contendo o extrato aquoso, obtendo-se soluções de concentração de 1250 $\mu\text{g/mL}$. Para preparar soluções de 500 $\mu\text{g/mL}$, 4,0 mL de cada solução de 1250 $\mu\text{g/mL}$ dos extratos foram adicionados a balões volumétricos de 10 mL. O volume do balão contendo o extrato etanólico foi completado com metanol, e aquele contendo o extrato aquoso foi aferido com água. A partir das soluções de 500 $\mu\text{g/mL}$ dos extratos, prepararam-se diluições nas concentrações de 5,0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 60,0; 70,0; 80,0 e 100,0 $\mu\text{g/mL}$ de cada extrato.

5.5.6 Método de captura do radical ABTS•+

Para avaliar a atividade antioxidante através da captura do radical ABTS•+, seguiu-se o método descrito por Ferraz Filha e colaboradores (2017). A partir dos extratos etanólico e aquoso, foram preparadas soluções de 5,0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 60,0; 70,0; 80,0 e 100,0 $\mu\text{g/mL}$ (Figura 7). Ao abrigo da luz, adicionaram-se 30 μL das soluções dos extratos em tubos de ensaio, seguidos por 3 mL do radical ABTS•+. Os tubos foram homogeneizados em vórtex, incubados por 6 minutos à temperatura ambiente e protegidos da luz. Posteriormente, as

absorbâncias foram medidas em um espectrofotômetro, previamente zerado com etanol, a um comprimento de onda de 734 nm.

O antioxidante padrão, trolox, foi empregado para avaliar a capacidade antioxidante total, utilizando-se sua atividade para gerar uma curva-padrão. Para este propósito, soluções de trolox nas concentrações de 0,1, 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 mM foram preparadas e submetidas às mesmas condições das amostras. Os testes foram realizados em triplicata e, para construir a curva, as concentrações de trolox foram plotadas no eixo X, enquanto as absorbâncias correspondentes foram registradas no eixo Y.

Para determinar a atividade antioxidante total, os resultados foram expressos em termo de Atividade Antioxidante Equivalente ao Trolox (TEAC), indicando a quantidade de trolox em mM que correspondente a uma solução de 1000 µg/mL dos extratos. Para isso, as equações da reta de cada extrato foram determinadas, e o valor de Y referente à absorbância relativa na concentração de 1000 µg/mL da solução dos extratos foi calculado. Esse valor de Y foi inserido na equação linear do trolox para determinar o valor de X, correspondente ao TEAC.

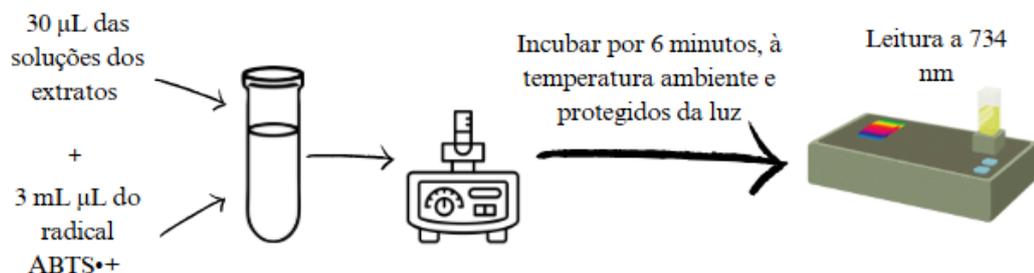


Figura 7 - Representação do ensaio para a avaliação da atividade antioxidante pelo método ABTS•+.

Fonte: elaborado pela autora

5.6 - Análise estatística

Os dados obtidos nos experimentos foram analisados por meio de testes estatísticos realizados com o software GraphPad Prism 6.0, seguido de testes adicionais conforme necessário. O intervalo de confiança estabelecido foi de 95%, considerando diferenças estatísticas significativas quando o valor de P foi inferior a 0,05 ($P < 0,05$).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Rendimento dos extratos

Uma exsicata da planta com flores do *Plectranthus barbatus* Andrews foi preparada e depositada no Herbarium José Badini da Universidade Federal de Ouro Preto (Figura 8).

A partir de 100 g da planta seca e pulverizada, obtiveram-se 3,1 g do extrato etanólico seco (EEPB), 3,1% de rendimento (Figura 9A). A extração das folhas secas pulverizadas (20 g) com água resultou em 3,5 g do extrato aquoso seco (EAPB), representando 17,5% de rendimento (Figura 9B).



Figura 8 - Foto da exsicata contendo flores e folhas de *Plectranthus barbatus* depositada no herbário José Badini da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP.

Fonte: Isabela Fernanda de Souza

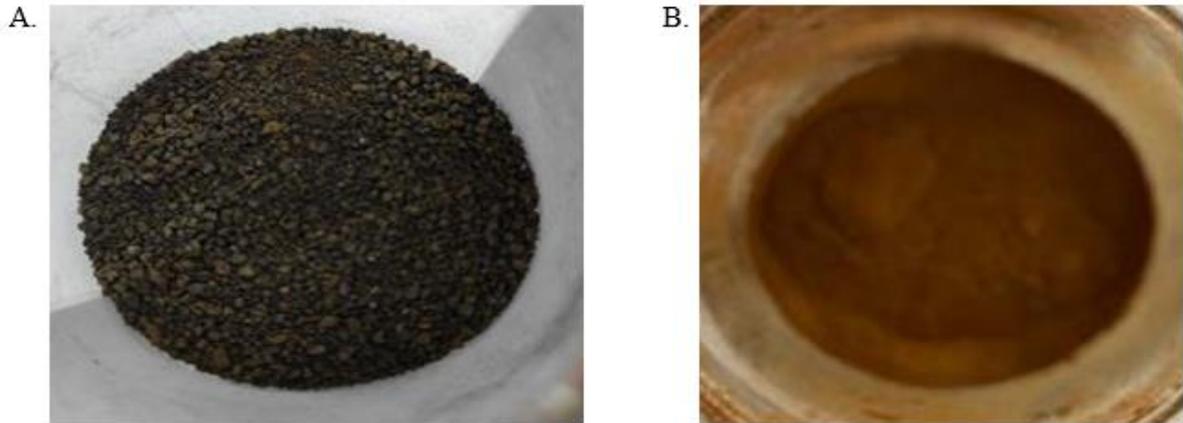


Figura 9 - (A) Extrato etanólico e (B) Extrato aquoso obtidos das folhas de *Plectranthus barbatus* Andrews.

Fonte: Isabela Fernanda de Souza

6.2 Avaliação do conteúdo fenólico com o reagente de Folin-Ciocalteu

Os compostos fenólicos são os principais agentes responsáveis pelas propriedades antioxidantes, especialmente nas plantas (Ibrahim et al., 2018). Para quantificar estes compostos, foi obtida uma curva-padrão a partir de soluções de ácido gálico em diferentes concentrações. A coloração das soluções preparadas está ilustrada na Figura 10. A Figura 11 representa a curva-padrão obtida por meio das absorvâncias, indicadas no eixo Y, em função das concentrações de ácido gálico, representadas no eixo X.

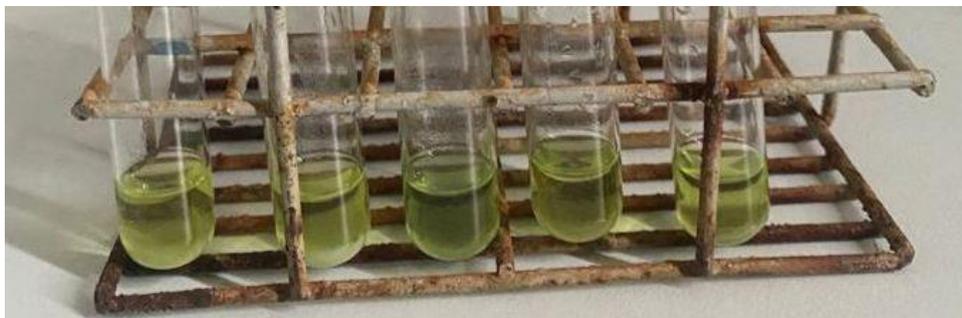


Figura 10 - Soluções de ácido gálico em diferentes concentrações, após adição do reagente Folin-Ciocalteu: da esquerda para direita tubo 1: 10 $\mu\text{g/mL}$, Tubo 2: 20 $\mu\text{g/mL}$, Tubo 3: 30 $\mu\text{g/mL}$, Tubo 4: 40 $\mu\text{g/mL}$ e Tubo 5: 50 $\mu\text{g/mL}$.

Fonte: elaborado pela autora

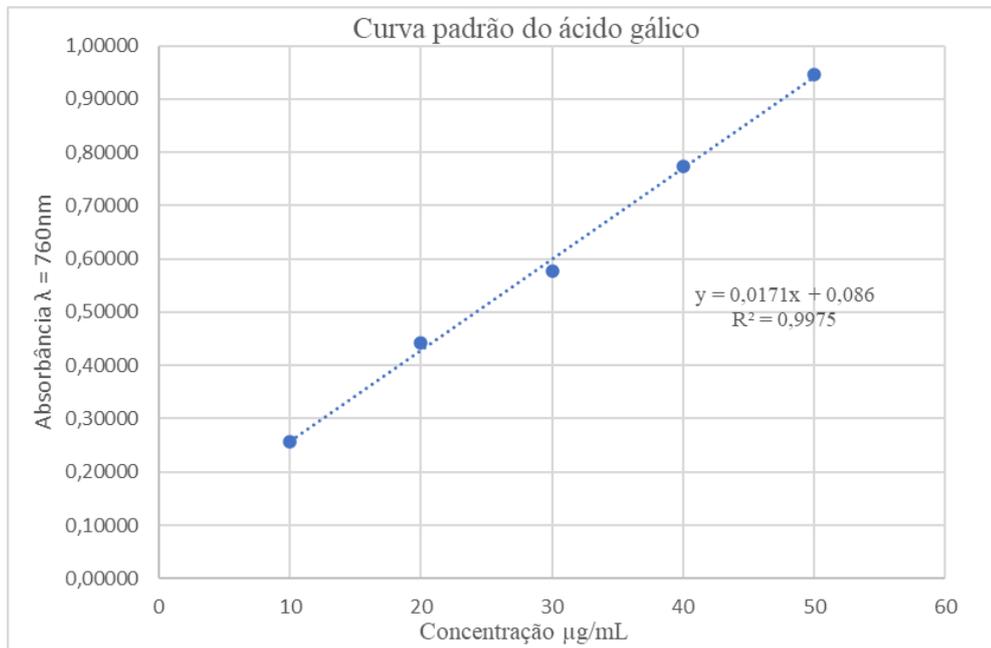


Figura 11 - Curva analítica padrão do ácido gálico.

Com o objetivo de se determinarem os compostos fenólicos em miligramas de ácido gálico por grama de cada extrato, aplicou-se a equação linear $y = 0,0171x + 0,086$, derivada da curva-padrão. A absorvância obtida de cada extrato foi substituída no valor de Y, para que o valor de X pudesse ser definido, representando a quantidade de ácido gálico, em miligramas, por grama de extrato.

Os resultados de conteúdo fenólico obtidos para o extrato etanólico e para o extrato aquoso de *P. barbatus* estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2- Teor de compostos fenólicos nos extratos etanólico (EEPB) e aquoso (EAPB) das folhas de *Plectranthus barbatus*.

AMOSTRA	CONTEÚDO FENÓLICO TOTAL
	(mg equivalente de ácido gálico/g de extrato)
EEPB	12,90 \pm 9,08
EAPB	6,177 \pm 3,87

No extrato etanólico foi encontrado um maior conteúdo fenólico no valor de 12,9064 mg de ácido gálico/extrato, em comparação com 6,17739 mg/g no extrato aquoso, indicando que a polaridade do solvente afetou a extração dos compostos fenólicos. A planta apresentou compostos fenólicos com maior afinidade pelo etanol (menos polares), e um menor teor de compostos fenólicos mais polares, extraídos com a água. Estudos anteriores corroboram esses achados. Por exemplo, Pires e colaboradores (2016) observaram que os teores totais de compostos fenólicos variaram de 3,26 mg/g à 5,40 mg/g em extratos com 10% de etanol, a depender da parte da planta. Além disso, a análise por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) identificou diversos compostos fenólicos no extrato etanólico de *Plectranthus barbatus*, incluindo canferol, ácido cafeico, ácido ferúlico, quercitrina, flavona e quercetina (Pires *et al.*, 2016).

Nos estudos realizados por Araújo (2016) com os galhos da *Campomanesia velutina* (gabirobeira), usando a mesma metodologia utilizada no presente trabalho, o conteúdo de compostos fenólicos foi de 290.49 mg, indicando que os extratos de *P. barbatus* mostraram baixo teor em compostos fenólicos.

A presença destes compostos fenólicos está diretamente relacionada à atividade antioxidante. O extrato etanólico apresentou um conteúdo fenólico superior ao extrato aquoso, indicando um potencial antioxidante mais elevado em relação a esse extrato, assim como demonstrado por Warycha *et al.*, 2022.

6.3 Avaliação da atividade antioxidante usando DPPH

A avaliação da atividade antioxidante pelo método do DPPH está relacionada com a transferência de elétrons ou de radical hidrogênio, que resultam na neutralização ou redução de um radical livre (Figura 12). O teste envolve a análise da porcentagem de descoloração do radical em soluções com concentrações diferentes, com o objetivo de determinar a CE₅₀ das substâncias estudadas, permitindo, assim, a comparação com substâncias padrões, como o trolox e a quercetina (Oliveira, 2015). Na presença de um doador de elétrons, ocorre a redução da intensidade da absorção, e a solução de DPPH é descolorida com base no número de elétrons capturados, resultando na transição da coloração púrpura para amarelo (Figura 13) (Locatelli *et al.*, 2009). O cálculo da atividade antioxidante se torna viável devido à proporção estequiométrica entre a reação de descoloração e a quantidade de elétrons capturados ou radical

hidrogênio doado (Oliveira, 2015).

A solução do EEPB na concentração de 125 µg/mL proporcionou um maior descoramento da solução do DPPH. As demais soluções, com outras concentrações, apresentaram menor descoloração, assim como as soluções do extrato aquoso.

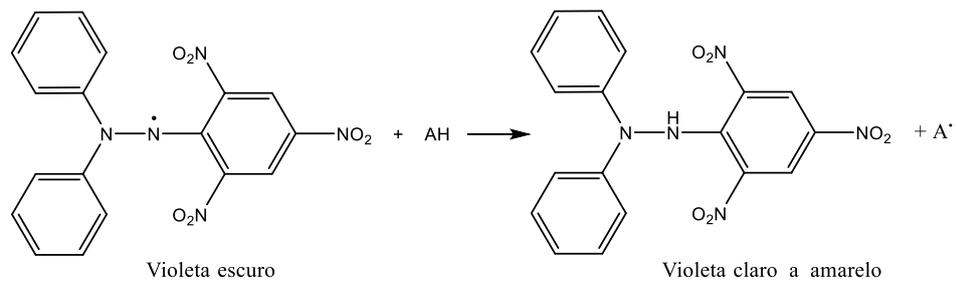


Figura 12 - Estabilização do radical livre DPPH.

Fonte: Alam *et al.*, 2013.

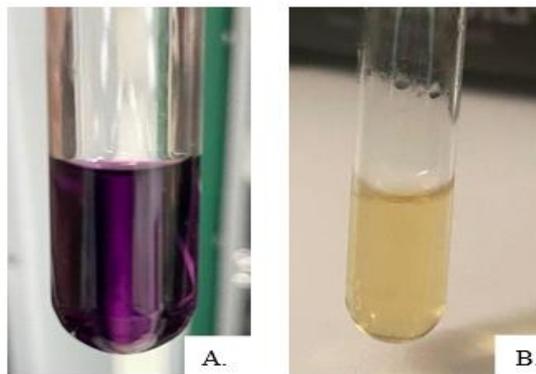


Figura 13 - Descoloramento do radical DPPH após ser neutralizado por uma substância antioxidante.

Fonte: Daniela Moraes e Souza, 2023.

Através da porcentagem de descoloração e pela concentração necessária para reduzir 50% do radical (CE₅₀), foi possível avaliar a atividade antioxidante dos extratos. Para determinar a taxa de descoloração, utilizou-se a fórmula mencionada no item 5.3.5, obtendo-se então, os valores apresentados na Tabela 2.

Os dados de CE₅₀ estão apresentados na Tabela 3. O extrato etanólico foi o que apresentou maior porcentagem de descoloração (49,9%), semelhante ao da quercetina (49,5%), bem como o menor valor de CE₅₀ (Tabela 4) em relação ao extrato aquoso. Silva e colaboradores (2016) reportaram um valor de 133,44 µg/mL para o CE₅₀, do extrato etanólico de *Plectranthus barbatus*, um resultado semelhante ao encontrado no presente trabalho para o extrato etanólico. Considerando a CE₅₀ dos extratos EEPB e EAPB, em relação aos apresentados pelo Trolox e quercetina, estes não mostraram um efeito antioxidante relevante, indicando não possuir muitos

compostos antioxidante polares.

Tabela 3 - Atividade antioxidante dos extratos etanólico (EEPB) e aquoso (EAPB) de *Plectranthus barbatus* pelo método de captura do radical DPPH.

AMOSTRA	SOLUÇÃO ($\mu\text{g/mL}$)	% DE DESCOLORAÇÃO
EEPB	125	49,8618
EAPB	125	20,1917
TROLOX	20	32,4934
QUERCETINA	20	49,5063

Tabela 4 - Concentrações dos extratos etanólico (EEPB) e aquoso (EAPB) de *Plectranthus barbatus*, quercetina e trolox em $\mu\text{g/mL}$ que reduz 50% do radical livre (CE_{50}) DPPH.

AMOSTRA	CE_{50} $\mu\text{g/mL}$ (Intervalo de confiança – 95%)
EEPB	144,2 (106,0 – 196,1)
EAPB	447,4 (330,4 – 605,9)
TROLOX	44,98 (34,61 – 58,45)
QUERCETINA	22,08 (16,56 – 29,45)

6.4 Determinação da atividade antioxidante pela captura do radical ABTS

O método do ABTS é adequado para averiguar antioxidantes que são solúveis na água e também em lipídeos. Este teste, amplamente empregado, envolve a produção do cromóforo ABTS^{•+}, através da reação do ABTS com o persulfato de potássio, que sofre descoloração na presença de antioxidantes (Figuras 14 e 15). Logo após, é realizada a avaliação do composto em neutralizar os radicais livres (Rea *et al.*, 1999).

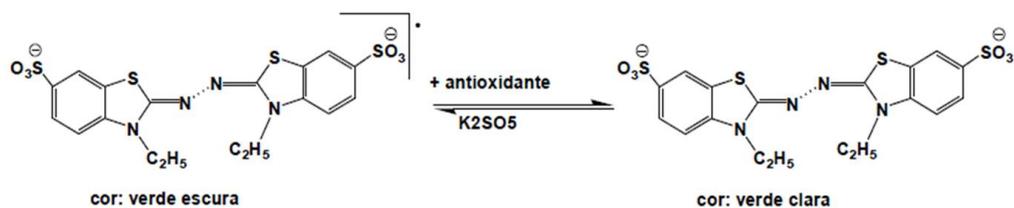


Figura 14 - Estabilização do radical ABTS^{•+} por um antioxidante e sua formação pelo persulfato de potássio.

Fonte: Souza *et al.*, 2007

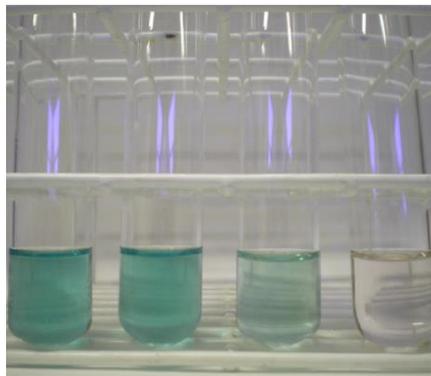


Figura 15 - Da esquerda para a direita, descoloramento do radical ABTS após ser neutralizado por uma substância antioxidante.

Fonte: Rufino *et al.*, 2007

O trolox é um composto sintético, derivado da vitamina E, comumente utilizado como padrão para medir a atividade antioxidante em diversos testes laboratoriais (Ali *et al.*, 2008). Devido a sua alta estabilidade, o trolox é empregado no método de captura do radical ABTS, sendo sua atividade antioxidante utilizada como referência para comparar a capacidade antioxidante de substâncias que estão sendo analisadas (Rea *et al.*, 1999).

A curva padrão para o trolox está representada na Figura 15, com a equação da reta obtida expressa como $y = -0,1318x + 0,9182$. Para determinar o valor de y equivalente a 1000

$\mu\text{g/mL}$, por meio das equações dos extratos, substituiu-se o valor de y para obter a concentração de trolox equivalente a $1000 \mu\text{g/mL}$ no extrato. Essa concentração de trolox representa a TEAC, ou seja, a concentração de trolox equivalente ao mesmo percentual de inibição de uma solução de concentração de $1000 \mu\text{g/mL}$ de cada extrato. Desta forma, maiores valores de TEAC refletem uma atividade antioxidante mais pronunciada, pois é necessária uma concentração maior de trolox para uma atividade equivalente ao composto que está sendo avaliado.

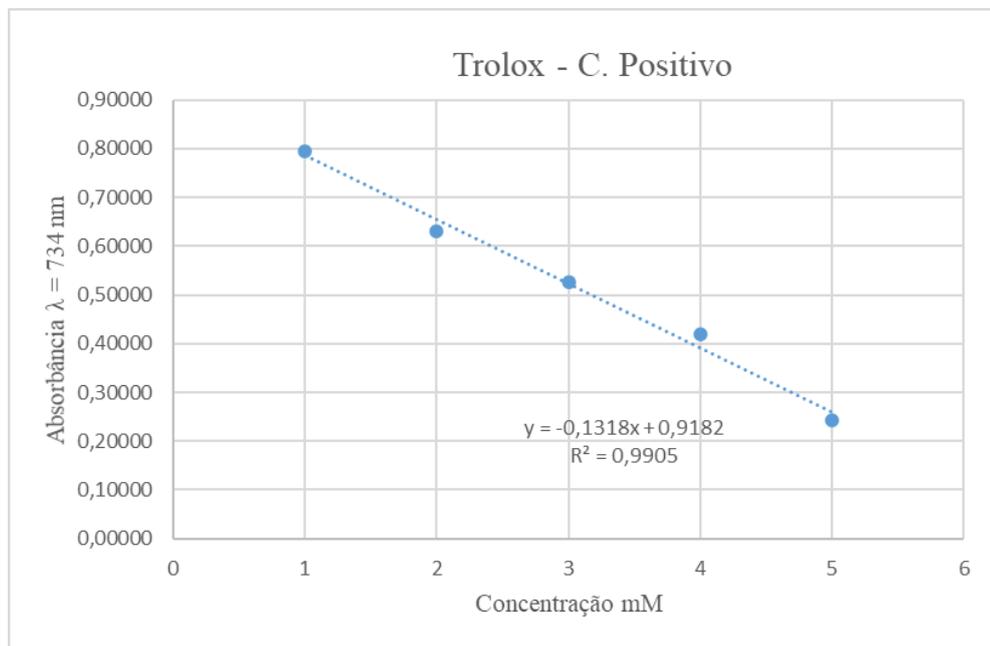


Figura 16 - Curva padrão de trolox e equação da reta obtida.

Tabela 5 - Valores de TEAC para os extratos etanólico (EEPB) e aquoso (EAPB) das partes aéreas de *Plectranthus barbatus*, utilizando o padrão Trolox.

EXTRATO	TEAC \pm EPM
	(mM de Trolox equivalente a $1000 \mu\text{g/mL} \pm$ EPM)
EEPB	$5,2448 \pm 0,0101$
EAPB	$4,3912 \pm 0,0057$

Este método é utilizado para comparar a atividade antioxidante dos extratos com a do antioxidante de referência trolox, e a redução da absorbância indicou a capacidade dos componentes dos extratos em neutralizar os radicais livres, evidenciando seu potencial

antioxidante. Os valores de TEAC para EEPB e EAPB foram semelhantes, sendo um pouco maior para EEPB, como mostrado na Tabela 5.

A quercetina, um flavonoide com propriedades antioxidantes encontrado em diversas plantas, incluindo o *Plectranthus barbatus*, tem a propriedade de neutralizar radicais livres, ajudando a prevenir o estresse oxidativo no organismo. No teste de determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS, a quercetina reduz a formação da cor verde clara, indicando sua habilidade em neutralizar os radicais livres presentes na solução do ABTS. Em um estudo de Ferraz-Filha e colaboradores (2017), no qual analisaram a *Tabebuia rosealba*, utilizando o método ABTS, a quercetina apresentou o valor de $16,10 \pm 0,04$ (Ferraz-Filha *et al.*, 2017). No presente trabalho, os extratos das folhas do *Plectranthus barbatus* apresentaram valores de TEAC menores que o apresentado pela quercetina no trabalho de Ferraz-Filha e colaboradores (2017). Considerando que a quercetina é uma substância pura, em comparação, os extratos mostraram uma atividade antioxidante significativa.

Diterpenos são metabólitos secundários que apresentaram atividade antioxidante. A forskolina, principal diterpeno encontrado em *P. barbatus*, foi capaz de reduzir o estresse oxidativo em camundongos Swiss, aumentando os níveis das enzimas antioxidantes SOD, CAT, glutathione peroxidase, glutathione-S-transferase e glicose-6-fosfatodesidrogenase (Karthika *et al.*, 2016). Os diterpenos são constituintes químicos presentes em EEPB.

Assim, a atividade significativa dos extratos EEPB e EAPB podem ter sido em decorrência da presença dos compostos fenólicos e dos diterpenos.

7. CONCLUSÃO

Os resultados da avaliação da atividade antioxidante nos dois métodos avaliados demonstraram que o extrato etanólico das folhas de *Plectranthus barbatus* possuiu uma atividade antioxidante maior que a do extrato aquoso. No ensaio de DPPH, os valores elevados de CE₅₀ para ambos os extratos, aquoso e etanólico, indicaram uma baixa atividade antioxidante por esse método. Além disso, a menor quantidade de compostos fenólicos no extrato aquoso pode justificar sua menor capacidade antioxidante. Ambos os extratos mostraram atividade antioxidante significativa no método de captura do radical ABTS, sendo o extrato etanólico o mais ativo. A presença de diterpenos, além dos compostos fenólicos, pode justificar a melhor atividade antioxidante apresentada no ensaio do ABTS. Os resultados indicaram que os extratos etanólico e aquoso de *Plectranthus barbatus* surgem como alternativas promissoras para o desenvolvimento de novos antioxidantes naturais

REFERÊNCIAS

- ABDEL-MOGIB, M.; ALBAR, H. A.; BATTERJEE, S. M. Chemistry of the Genus *Plectranthus*. **Molecules**, v.7, n. 2, p. 271-301, fev. 2002. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/70200271>.
- AGARWAL, K.C.; PARKS JR., R.E. Synergistic inhibition of platelet aggregation by forskolin plus PGE1 or 2 - fluoroadenosine: effects of 2', 5' - dideoxyadenosine and 5' - methylthioadenosine. **Biochemical Pharmacology**, v.31, n.22, p.3713-6, 1982.
- ALAM, M. N.; BRISTI, N. J.; RAFIQUZZAMAN, M. Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. **Saudi Pharmaceutical Journal**, v. 21, n. 2, p. 143-152, abr. 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsps.2012.05.002>.
- ALASBAHI, R; MELZIG, M. *Plectranthus barbatus*: a review of phytochemistry, ethnobotanical uses and pharmacology part 1. **Planta Médica**, v. 76, n. 07, p. 653-661, fev. 2010. Georg Thieme Verlag KG. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0029-1240898>.
- ALBUQUERQUE, R. L. de; KENTOPFF, M. R.; MACHADO, M. I. L.; SILVA, M. G. V.; MATOS, F. J. de A.; MORAIS, S. M.; BRAZ-FILHO, R. Diterpenos tipo abietano isolados de *Plectranthus barbatus* Andrews. **Química Nova**, v. 30, n. 8, p. 1882-1886, 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422007000800016>.
- ALI, S. S.; KASOJU, N.; LUTHRA, A.; SINGH, A.; SHARANABASAVA, H.; SAHU, A.; BORA, U.. Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. **Food Research International**, v. 41, n. 1, p. 1-15, jan. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2007.10.001>.
- AMINA, M.; AL-MUSAYEIB, N. M.; ALAM, P.; ALEANIZY, F. S.; ALQAHTNI, F. Y.; AL-SAID, M. S.; AL-RASHIDI, N. S.; SHAKEEL, F. Cytotoxic evaluation and concurrent analysis of two diterpenes in the chloroform extract of *Plectranthus barbatus* using a validated HPTLC-UV method. **Bulletin Of The Chemical Society Of Ethiopia**, v. 32, n. 3, p. 407, nov. 2018. African Journals Online (AJOL). <http://dx.doi.org/10.4314/bcse.v32i3.1>.
- BANDEIRA, J.M; BARBOSA, F.F; BARBOSA, L.M.P; RODRIGUES, I.C.S; BACARIN, M.A; PETERS, J.A; BRAGA, E.J.B.. Composição do óleo essencial de quatro espécies do gênero *Plectranthus*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 2, p. 157-164, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-05722011000200006>.
- BARBOSA, M. de O.; WILAIRATANA, P.; LEITE, G. M. de L; DELMONDES, G de A; SILVA, L Y S da; ALVES JÚNIOR, S. C.; DANTAS, L. B. R.; BEZERRA, D. S.; BELTRÃO, I. C. S. L. de; DIAS, D. de Q.. *Plectranthus* Species with Anti-Inflammatory and Analgesic Potential: a systematic review on ethnobotanical and pharmacological findings. **Molecules**, v. 28, n. 15, p. 5653, jul. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules28155653>.
- BIANCHI, M. d. L. P.; ANTUNES, L. M. G.. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Revista de Nutrição**, v. 12, n. 2, p. 123-130, ago. 1999. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-52731999000200001>.

BRANDOLT, T. D. D.; Rodrigues, C. C.; Ferrão, S. M. N.; Silva, G. M. B. Efeito do extrato de *Plectranthus barbatus* (Andr.) Benth no desempenho reprodutivo de *Rattus norvegicus* (Berkenhout, 1769). **Biotemas**, Florianópolis, v. 20, p. 49-58, 2007.

CHEN, L.; TENG, H.; CAO, H.. Chlorogenic acid and caffeic acid from *Sonchus oleraceus* Linn synergistically attenuate insulin resistance and modulate glucose uptake in HepG2 cells. **Food And Chemical Toxicology**, v. 127, p. 182-187, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2019.03.038>.

CORDEIRO, M. F.; NUNES, T. R. S.; BEZERRA, F. G.; DAMASCO, P. K. M.; SILVA, W. A. V.; FERREIRA, M. R. A.; MAGALHÃES, O. M. C.; SOARES, L. A. L.; CAVALCANTI, I. M. F.; PITTA, M. G. R.. Phytochemical characterization and biological activities of *Plectranthus barbatus* Andrews. **Brazilian Journal Of Biology**, v. 82, p. 1-12, 2022. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.236297>.

COSTA, M. C. C. D. Uso popular e ações farmacológicas de *Plectranthus barbatus* Andr.(*Lamiaceae*): revisão dos trabalhos publicados de 1970 a 2003. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 2, p. 81-88, 2006.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N.. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, v. 5, n. 1, p. 1-8, jun. 2004. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/acd.v5i1.540>.

FALÉ, P. L.; BORGES, C.; MADEIRA, P. J. A.; ASCENSÃO, L.; ARAÚJO, M. E. M.; FLORÊNCIO, M. H.; SERRALHEIRO, M. L. M. Rosmarinic acid, scutellarein 4'-methyl ether 7-O-glucuronide and (16S)-coleon E are the main compounds responsible for the antiacetylcholinesterase and antioxidant activity in herbal tea of *Plectranthus barbatus* ("falso boldo"). **Food Chemistry**, v. 114, n. 3, p. 798-805, jun. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.015>

FERNANDES, L. C. B.; CÂMARA, C. C.; SOTO-BLANCO, B. Anticonvulsant Activity of Extracts of *Plectranthus barbatus* Leaves in Mice. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2012, p. 1-4, 2012. <http://dx.doi.org/10.1155/2012/860153>

FERRAZ-FILHA, Z. S.; FERRARI, F. C.; ARAÚJO, M. C. de P. M.; BERNARDES, A. C. F. P. F.; SAÚDE-GUIMARÃES, D. A.. Effects of the Aqueous Extract from *Tabebuia rosealba* and Phenolic Acids on Hyperuricemia and Inflammation. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2017, n. 1, p. 1-10, jan. 2017. <http://dx.doi.org/10.1155/2017/2712108>.

GLOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P.. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, abr. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422007000200026>.

GUTTERIDGE, J. M.C.; HALLIWELL, B.. Antioxidants: molecules, medicines, and myths. **Biochemical And Biophysical Research Communications**, v. 393, n. 4, p. 561-564, mar. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbrc.2010.02.071>.

IBRAHIM, M.; ARAFA, N.; ALY, U. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of plant and callus cultures of *Plectranthus barbatus* Andrews. **Egyptian Pharmaceutical Journal**, v. 17, n. 1, p. 32, jan. 2018. Egyptian Knowledge Bank. http://dx.doi.org/10.4103/epj.epj_38_17.

KAPEWANGOLO, P.; HUSSEIN, A. A.; MEYER, D. Inhibition of HIV-1 enzymes, antioxidant and anti-inflammatory activities of *Plectranthus barbatus*. **Journal Of Ethnopharmacology**, v. 149, n. 1, p. 184-190, ago. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2013.06.019>.

KARTHIKA, K.; JAMUNA, S.; ABINAYA, G.; VENKATACHALAPATHI, A.; THENMOZHI, K.; PAULSAMY, S.. Evaluation of Anti-inflammatory and Antioxidant Properties of Crude Extract and Forskolin from Solena amplexicaulis Leaf. **Indian Journal Of Pharmaceutical Sciences**, v. 5, p. 377-387, jan. 2016. OMICS <http://dx.doi.org/10.4172/pharmaceutical-sciences.1000128>

KULBAT-WARYCHA, K.; ORACZ, J.; ZYŚLEWICZ, D. Bioactive Properties of Extracts from *Plectranthus barbatus* (*Coleus forskohlii*) Roots Received Using Various Extraction Methods. **Molecules**, v.27, n.24, p.8986, dez. 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules27248986>.

LAGOA, R.; GRAZIANI, I.; LOPEZ-SANCHEZ, C.; GARCIA-MARTINEZ, V.; GUTIERREZ-MERINO, C. Complex I and cytochrome c molecular targets of flavonoids that inhibit hydrogen peroxide production by mitochondria. **Biochimica Et Biophysica Acta (Bba) - Bioenergetics**, v. 1807, n. 12, p. 1562-1572, dez. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbabi.2011.09.022>.

LIMA, L. B. de. Contribuição para a Padronização Química de Espécies do Gênero *Plectranthus*: Derivatização e Validação de Métodos Analíticos para a Quantificação de Marcadores Químicos. Tese (Doutorado) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

LOCATELLI, M.; GINDRO, R.; TRAVAGLIA, F.; COÏSSON, J. D.; RINALDI, M.; ARLORIO, M. Study of the DPPH-scavenging activity: development of a free software for the correct interpretation of data. **Food Chemistry**, v. 114, n. 3, p. 889-897, jun. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.035>.

LUKHOB, C. W.; SIMMONDS, M. S.J.; PATON, A. J. *Plectranthus*: a review of ethnobotanical uses. **Journal Of Ethnopharmacology**, v. 103, n. 1, p. 1-24, jan. 2006. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2005.09.011>.

MARTELLI, F.; NUNES, F. M. F. Radicais livres: em busca do equilíbrio. **Ciência e Cultura**, v. 66, n. 3, p. 54-57, set. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21800/s0009-67252014000300017>.

MARTINS, E. R.; CASTRO, D. M. de; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. Plantas Mediciniais. **Imprensa Universitária**, Viçosa, Brasil, 220 pp, 1995.

MATOSINHOS, R. C.; BEZERRA, J. P.; BARROS, C. H.; BERNARDES, A.C. F. P. F.; COELHO, G. B.; ARAÚJO, M. C. de P. M.; SOARES, R. D. de O. A.; SACHS, D.; SAÚDE-GUIMARÃES, D. A.. *Coffea arabica* extracts and their chemical constituents in a murine model of gouty arthritis: how they modulate pain and inflammation. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 284, p. 114778, fev. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2021.114778>.

MELO, A.E.; GUERRA, N.B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presente em alimentos. **Boletim SBCTA**, v.36, n.1, p.1-11, 2002.

MENDONÇA, J. S.; GUIMARÃES, R. de C. A.; ZORGETTO-PINHEIRO, V. A.; FERNANDES, C. di P.; MARCELINO, G.; BOGO, D.; FREITAS, K. de C.; HIANE, P. A.; MELO, E. S.de P.; VILELA, M. L. B. Natural Antioxidant Evaluation: a review of detection methods. **Molecules**, v. 27, n. 11, p. 3563, jun. 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules27113563>.

MORAIS, S. M. de; CAVALCANTI, E. S. B.; COSTA, S. M. O.; AGUIAR, L. A.. Ação antioxidante de chás e condimentos de grande consumo no Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 1, p. 315-320, mar. 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-695x2009000200023>.

OLIVEIRA, A. C. de; VALENTIM, I. B.; GOULART, M. O. F.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S.. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422009000300013>.

OLIVEIRA, G.L.S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais in vitro pelo método do DPPH•: estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 1, p. 36-44, mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/1983-084x/12_165.

PARK, D.; LEE, J.; JUNG, E.; KOH, J.; KIM, Y. S. Effect of rosmarinic acid on atopic dermatitis. **The Journal of Dermatology**, v. 35, n. 12, p. 768-771, dez. 2008. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1346-8138.2008.00565.x>.

PAVARINI, D. P.; PAVARINI, S. P.; NIEHUES, M.; LOPES, N. P.. Exogenous influences on plant secondary metabolite levels. **Animal Feed Science and Technology**, v. 176, n. 1-4, p. 5-16, set. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2012.07.002>.

PEREIRA, M. B. P. O papel dos antioxidantes no combate ao estresse oxidativo observado no exercício físico de musculação. **RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 7, n. 40, nov. 2013.

PIRES, F. B.; DOLWITSCH, C. B.; SOLTO, R.F.; PRÁ, V.D.; SCHNEIDER, V.M.; SCHMIDT, D. E.; MÔNEGO, D. L.; CARVALHO, C. A.; FERNANDES, A. A.; MAZUTTI, M. A.; ROSA, M. B. da. Perfil Cromatográfico e Atividade Antioxidante Frente aos Radicais Peroxila (ROO•), Superóxido (O₂•-) e DPPH da folha, flor, ramo e inflorescência de *Plectranthus Barbatus*. **Ciência e Natura**, v. 3, pág. 1496–1503, set. 2016. DOI: 10.5902/2179460X22130

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, maio 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3).

REA, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C.. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology And Medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, maio 1999. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s0891-5849\(98\)00315-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3).

RIBEIRO, F. F.; da C., L. de O.; OYAMA, E. M.; FURLAN, M. R.. Boldo verdadeiro x boldo falso: caracterização morfoanatómica foliar. **Visão Acadêmica**, v. 18, n. 3, set. 2017. DOI: 10.5380/acd.v18i3.54224.

RODRIGUES, P. de A.; MORAIS, S. M. de; SOUZA, C. M. de; SILVA, A. R. A.; ANDRADE, G. M. de; SILVA, M. G. V.; ALBUQUERQUE, R. L.; RAO, V. S.; SANTOS, F. A.. Gastroprotective effect of barbatusin and 3-beta-hydroxy-3-deoxybarbatusin, quinonoid diterpenes isolated from *Plectranthus grandis*, in ethanol-induced gastric lesions in mice. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 127, n. 3, p. 725-730, fev. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2009.11.031>.

RODRIGUES, P.A.; MORAIS, S.M.; MARQUES, M.M.M.; AGUIAR, L.A.; NUNES-PINHEIRO, D.C.S.. Atividade antioxidante e gastro-protetora de produtos naturais em animais experimentais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 10, n. 2, p. 116-123, mar. 2008.

RODRIGUES, T.S.; GUIMARÃES, S.F.; RODRIGUES-DAS-DÔRES, R.G.; GABRIEL, J.V.. Métodos de secagem e rendimento dos extratos de folhas de *Plectranthus barbatus* (boldo-da-terra) e *P. ornatus* (boldo-miúdo). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n., p. 587-590, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-05722011000500014>.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ J.; SAURA-CALIXTO, F. D... Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS+. **Comunicado Técnico On Line**, Fortaleza - CE, p. 1-4, jul. 2007.

SANDES, G.. Como os radicais livres e os antioxidantes atuam na pele? Disponível em: <http://www.petquimica.ufc.br/como-os-radicais-livres-e-os-antioxidantes-atuam-na-pele/>. Acesso em: 04 abr. 2025.

SILVA, C.F.G; MENDES, M.P.; ALMEIDA, V.V.; MICHELS, R.N.; SAKANAKA, L.s.; TONIN, L.T.D. Parâmetros de qualidade físico-químicos e avaliação da atividade antioxidante de folhas de *Plectranthus barbatus* Andr. (*Lamiaceae*) submetidas a diferentes processos de secagem. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 48-56, mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/1983-084x/15_021.

SILVA, M. G. de V.; LIMA, L. B.; OLIVEIRA, M. da C. F. de; MATTOS, M. C. de; MAFEZOLI, J. Quantification of Barbatusin and 3 β -Hydroxy-3-deoxybarbatusin in

Plectranthus Species by HPLC-DAD. **International Journal Of Analytical Chemistry**, v. 2017, p. 1-5, 2017. <http://dx.doi.org/10.1155/2017/2397131>.

SINGH, R. P.; MURTHY, K. N. C.; JAYAPRAKASHA, G. K.. Studies on the Antioxidant Activity of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel and Seed Extracts Using *in vitro* Models. **Journal Of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 1, p. 81-86, jan. 2002. American Chemical Society (ACS). <http://dx.doi.org/10.1021/jf010865b>.

SOUSA, C. M. de M.; SILVA, H. R. e; VIEIRA-JR., G. M.; AYRES, M. C. C.; COSTA, C. L. S. da; ARAÚJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAÚJO, P. B. de M.; BRANDÃO, M. S.. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 351-355, abr. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-40422007000200021>.

SOUZA, D. M.. **Perfis cromatográficos e atividade antioxidante de *Miconia albicans***. 2023. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Farmácia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.

SOUZA, I. F. de. Efeitos dos extratos de *Plectranthus barbatus* e *Plectranthus amboinicus* no modelo animal da artrite gotosa. Dissertação (Mestrado) - Curso de Farmácia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2024.

SWAIN, T.; HILLIS, W. E. The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.—The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of The Science Of Food And Agriculture**, v. 10, n. 1, p. 63-68, jan. 1959. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>.

VALLI, M.; RUSSO, H. M.; BOLZANI, V. S. The potential contribution of the natural products from Brazilian biodiversity to bioeconomy. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 11, p. 763-778, abr. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201820170653>.

VASCONCELOS, T. B. de; CARDOSO, A. R. N. R., JOSINO, J. B., MACENA, R. H. M.; BASTOS, V. P. D. Radicais livres e antioxidantes: proteção ou perigo? **UNOPAR Científica. Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 16, n. 3, p. 213-219, 2014.

VELLOSA, J. C. R.; BIAVATTI, M.; FRANÇÓIA, P. C. O.; MELLO, B. J. de; ALMEIDA, A. C. de; BUENO, G. E.. Estresse oxidativo: uma introdução ao estado da arte. **Brazilian Journal Of Development**, v. 7, n. 1, p. 10152-10168, 2021. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n1-688>

WARYCHA, K. K.; ORACZ, J.; ZYZELEWICZ, D. Bioactive Properties of Extracts from *Plectranthus barbatus* (*Coleus forskohlii*) Roots Received Using Various Extraction Methods. **Molecules**, v. 27, n. 24, p. 8986, dez. 2022. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules27248986>.