



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE FARMÁCIA**



ISADORA RANDO PAULINO

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE PARTIÇÕES DO EXTRATO
HIDROETANÓLICO DE *JACARANDA MIMOSIFOLIA***

OURO PRETO

2025

ISADORA RANDO PAULINO

**AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE PARTIÇÕES DO EXTRATO
HIDROETANÓLICO DE *JACARANDA MIMOSIFOLIA***

Trabalho de Conclusão de Curso a ser apresentado
como requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Farmácia pela Universidade Federal
de Ouro Preto.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Henrique Bianco
de Souza

Co-orientador: Me. Lucas Resende Dutra Sousa

OURO PRETO

2025



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



FOLHA DE APROVAÇÃO

Isadora Rando Paulino

Avaliação da atividade antioxidante de partições do extrato hidroetanólico de *Jacaranda mimosifolia*

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

Aprovada em 04 de abril de 2025.

Membros da banca

Prof. Dr Gustavo Henrique Bianco de Souza - Orientador - Escola de Farmácia (EF-DEFAR/UFOP)
Coorientador Me. Lucas Resende Dutra de Souza (EF-PPG CIPHARMA/UFOP)
Profa. Dra. Viviane Martins Rebello dos Santos (ICEB-DEQUI/UFOP)
Me. Eduardo Silva Ataíde (NUPEB-PPG BIOTEC/UFOP)

Prof. Dr. Gustavo Henrique Bianco de Souza, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 15/04/2025.



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Henrique Bianco de Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/04/2025, às 20:12, 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 **0897270** e o código CRC **8E209B57**.

Dedico este trabalho aos meus avós, pais e irmãos. Meus maiores incentivadores e exemplos de vida. Tudo que faço é por vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me dar a oportunidade de estudar e me formar na Escola de Farmácia mais antiga da América Latina. Nem nos meus maiores sonhos imaginei que me sentiria tão realizada e grata. Sem Ele, eu não teria conseguido.

Aos meus pais, Fabiana e Daniel, meu mais profundo agradecimento. Mãe, seu amor incondicional, sua garra e sua dedicação me sustentaram nos momentos mais difíceis. Você sempre foi meu porto seguro, minha maior inspiração. Pai, obrigada por cada conselho, por acreditar em mim mesmo quando eu duvidava, por me ensinar a ser resiliente e determinada. Sem vocês, eu não teria chegado até aqui.

Aos meus irmãos, Daniel e Vitória, por serem minha base, mesmo à distância. Cada ligação, cada palavra de carinho e cada demonstração de apoio significaram mais do que vocês podem imaginar. Tudo isso é por vocês.

Aos meus avós que já partiram, que infelizmente não puderam me ver chegar até aqui. Como eu gostaria de compartilhar esse momento com vocês, sentir orgulho em seus olhares e retribuir todo o amor que sempre me deram. A saudade é imensa, mas sei que, de alguma forma, estão comigo nessa conquista. E à minha avó Cida, que tenho a felicidade de ter ao meu lado, representando cada um deles, obrigada por todo amor, apoio e orações, que foram fundamentais nessa caminhada.

Aos meus tios e primos, que sempre me apoiaram. Um agradecimento especial à minha madrinha, Marilene, que, infelizmente, não pôde estar aqui para celebrar essa conquista comigo. Mas sei que, de onde estiver, ela está orgulhosa e feliz por mim. Minha eterna gratidão. Para sempre, minha maior saudade.

Foram cinco anos longe da minha família, abrindo mão de momentos especiais, renunciando encontros e abraços. Passei por desafios que, muitas vezes, pareceram insuportáveis. Mas hoje, olhando para trás, vejo que cada sacrifício valeu a pena.

À República Tititi, que me acolheu desde o primeiro dia e se tornou minha segunda casa, minha segunda família. Entre estudos, noites em claro, momentos bons e ruins, construí laços e memórias que levarei para a vida toda.

Ao meu namorado, Rafael, por estar ao meu lado em cada momento dessa caminhada. Pelo apoio, paciência e amor. Obrigada por acreditar em mim e me lembrar, todos os dias, do meu potencial.

Aos meus amigos, que dividiram comigo essa jornada – com alegrias, desafios e histórias que ficarão para sempre na memória. Vocês tornaram os dias em Ouro Preto, os desafios e os corredores da EFAR mais leves.

Aos professores da Escola de Farmácia da UFOP, que foram muito mais do que mestres. Foram guias, inspiração e apoio nessa trajetória acadêmica. Em especial, ao meu orientador, Dr. Gustavo Henrique Bianco de Souza, meu eterno reconhecimento pela sua sabedoria e competência, que foram fundamentais para a realização deste sonho.

Ao meu amigo e coorientador, Me. Lucas Resende Dutra Sousa, que me acompanhou no final dessa trajetória e, com muita paciência e dedicação, acreditou no meu potencial. Com você, esse processo se tornou mais leve e possível. Minha eterna gratidão.

Aos meus colegas de trabalho do Laboratório de Fitotecnologia da UFOP, parceiros de tantas conquistas, agradeço pela amizade, apoio e aprendizado.

A cada pessoa que, de alguma forma, fez parte desse sonho, minha mais sincera gratidão. Vale lembrar que: "Quem anda sozinho pode até ir mais rápido, mas nem sempre vai mais longe." Se cheguei até aqui, foi porque tive cada um de vocês ao meu lado. Obrigada!

RESUMO

O câncer de pele do tipo melanoma é o mais letal, sendo a radiação UV apontada como uma das principais causas. A adição de antioxidantes em formulações fotoprotetoras pode contribuir para prevenção do câncer de pele ao reduzir radicais livres. Nesse sentido, o uso de antioxidantes provenientes de espécies vegetais promissoras, como a *Jacaranda mimosifolia*, surge como alternativa. Diante do exposto, o objetivo foi realizar o particionamento do extrato hidroetanólico 70% de *Jacaranda mimosifolia* para avaliar a atividade antioxidante *in vitro*. Para tal, folhas secas e trituradas foram percoladas para obtenção do extrato bruto, seguido de partição líquido-líquido utilizando hexano, acetato de etila e butanol. A triagem fitoquímica revelou a presença de metabólitos secundários, como flavonoides, cumarina, antraquinona, terpenóides e ácidos graxos. Os ensaios de atividade antioxidantes revelaram que a fração butanólica apresentou inibição de radicais livres superior a 85% nas avaliações utilizando DPPH e ABTS. Esses resultados indicam que *J. mimosifolia* é uma fonte promissora de compostos antioxidantes, contribuindo assim para estratégias eficazes na prevenção do câncer de pele.

Palavras-chave: *Jacaranda mimosifolia*; prevenção; câncer de pele; estresse oxidativo; atividade antioxidante.

ABSTRACT

Melanoma is the most lethal type of skin cancer, and UV radiation has been identified as one of the main causes. Adding antioxidants to photoprotective formulations can help prevent skin cancer by reducing free radicals. In this sense, the use of antioxidants from promising plant species, such as *Jacaranda mimosifolia*, has emerged as an alternative. In view of the above, the aim was to partition the 70% hydroethanolic extract of *Jacaranda mimosifolia* in order to evaluate its antioxidant activity *in vitro*. To this end, dried and crushed leaves were percolated to obtain the crude extract, followed by liquid-liquid partitioning using hexane, ethyl acetate and butanol. Phytochemical screening revealed the presence of secondary metabolites such as flavonoids, coumarin, anthraquinone, terpenoids and fatty acids. The antioxidant activity tests revealed that the butanolic fraction showed free radical inhibition of more than 85% in the evaluations using DPPH and ABTS. These results indicate that *J. mimosifolia* is a promising source of antioxidant compounds, thus contributing to effective strategies for the prevention of skin cancer.

Keywords: *Jacaranda mimosifolia*; prevention; skin cancer; oxidative stress; antioxidant activity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Camadas da pele: Epiderme, Derme e Hipoderme.....	14
Figura 2 - Efeitos da radiação ultravioleta solar na pele.....	17
Figura 3 - Quercetina e Rutina.....	23
Figura 4 - Imagem ilustrativa da espécie de <i>Jacaranda mimosifolia</i>	26
Figura 5- Frações do extrato bruto.....	35
Figura 6- Inibição do DPPH e ABTS a partir das diferentes concentrações do extrato bruto, fração hexânica, fração acetato de etila e fração butanólica.....	39
Quadro 1 - Principais espécies reativas de oxigênio e seus locais de ação.....	18
Quadro 2 - Alterações cutâneas provocadas por envelhecimento intrínseco e extrínseco.....	21
Quadro 3 - Parâmetros utilizados para avaliação da marcha fitoquímica do extrato de <i>Jacaranda mimosifolia</i> e suas partições.....	32
Tabela 1 - Resultados da partição líquido-líquido do extrato hidroetanólico de <i>Jacaranda mimosifolia</i>	34
Tabela 2 - Resultados da marcha fitoquímica do extrato de <i>Jacaranda mimosifolia</i> .	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 PELE.....	14
2.2 ESTRESSE OXIDATIVO.....	15
2.3 DESENVOLVIMENTO DE FOTOENVELHECIMENTO E DE CÂNCER DE PELE CAUSADO PELA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA.....	19
2.4 PRODUTOS NATURAIS.....	22
2.5 BENEFÍCIOS DOS ANTIOXIDANTES NATURAIS.....	23
2.6 CLASSES DE COMPOSTOS QUÍMICOS QUE APRESENTAM ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	24
2.7 <i>JACARANDA MIMOSIFOLIA</i>	25
3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	28
4 OBJETIVOS.....	29
4.1 OBJETIVO GERAL.....	29
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	30
5.1 OBTENÇÃO DO EXTRATO HIDROETANÓLICO DE FOLHA DE <i>JACARANDA MIMOSIFOLIA</i>	30
5.2 PARTIÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO.....	30
5.3 TRIAGEM FITOQUÍMICA.....	31
5.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	32
5.4.1 Atividade Antioxidante DPPH.....	32
5.4.2 Atividade Antioxidante ABTS.....	33
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
6.1 PARTIÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO.....	34
6.2 TRIAGEM FITOQUÍMICA.....	36
6.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DPPH E ABTS.....	38
7 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

O câncer de pele é o mais comum entre, principalmente, as pessoas de pele clara. Isso acontece devido à alta exposição à radiação ultravioleta que induz lesões ao DNA (INCA, 2022). O câncer de pele não melanoma (CPNM) equivale a aproximadamente 90% de todos os cânceres de pele, porém é importante ressaltar que é uma neoplasia com altas taxas de cura, possui crescimento lento e raramente resulta em metástase (ZINK, 2014).

De acordo com Pelegrini *et al* (2022), o câncer de pele melanoma, mesmo sendo o menos frequente no Brasil (cerca de 4,6%) possui o maior índice de mortalidade. Nesse tipo de câncer de pele, os produtores de melanina são afetados. A estimativa de novos casos de câncer de pele melanoma, segundo estudo desenvolvido pelo INCA entre os anos de 2020-2022, foram 4.200 em homens e 4.250 em mulheres (INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA, 2019). A forma mais agressiva de câncer de pele é o melanoma, pois quando há metástases no diagnóstico, o prognóstico é muito ruim (CROSBY *et al.*, 2000).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), o câncer de pele possui uma incidência mundial de 2 a 3 milhões de casos ao ano. Em cada três casos de cânceres, um é avaliado como câncer de pele. Mesmo com todos esses dados, observa-se que esse número pode ser difícil de se afirmar, uma vez que, grande parte dos diagnósticos não são contados pelos centros de câncer e sim, nos centros particulares (NOURY, 2007).

O índice de câncer de pele, em todo o mundo, vem aumentando significativamente, acometendo a faixa etária mais jovem (ZINK, 2014). Em 2020, as estimativas do *Global Cancer Observatory* (Globocan) foram de 19,3 milhões de casos novos no mundo, sendo 1,2 milhão (6,2%) de novos casos de câncer de pele. Para o Brasil, a estimativa para os anos de 2023 a 2025 indica que serão 220.490 novos casos de câncer de pele não melanoma e serão mais frequentes em homens, com 102 mil casos (INCA, 2022).

Alguns aspectos como idade, sexo, ocupação, tipo de emprego, medicamentos imunossupressores, antifúngicos e diuréticos são associados com o câncer de pele, quando associados à exposição solar, aumentam o risco

(INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA, 2021a; WILD; WEIDERPASS; STEWART, 2020). Além disso, o estresse oxidativo é apontado como mais uma causa, visto que danifica células e tecidos, podendo levar ao desequilíbrio homeostático e mutações no DNA (BARBOSA *et al.*, 2010, HALLIWELL *et al.*, 2004).

O fotoenvelhecimento da pele é um processo biológico natural que pode ser classificado em dois tipos: intrínseco e extrínseco. O envelhecimento intrínseco está associado ao declínio progressivo das funções fisiológicas e celulares ao longo do tempo, sendo um processo inevitável do organismo. Já o envelhecimento extrínseco resulta da exposição a fatores ambientais, especialmente à radiação solar, que acelera a degeneração da pele. Esse processo pode levar ao surgimento de manchas, espessamento, alteração na tonalidade, perda de elasticidade, aspereza e rigidez cutânea. Assim, o fotoenvelhecimento contribui significativamente para o aparecimento de rugas, hiperpigmentação e até mesmo câncer de pele, afetando de forma mais intensa as camadas superficiais da derme. (SILVA *et al.*, 2014).

Uma das prevenções mais comuns contra o câncer de pele é a proteção contra a radiação UV-A e UV-B, visto que é o fator de risco mais importante para o câncer de pele, pois provoca danos ao DNA celular e ativa citocinas pró-inflamatórias, contribuindo para o estresse oxidativo e a formação de radicais livres (MATHEUS; KUREBAYASHI, 2002). O mais adequado para essa prevenção inclui evitar exposição solar direta, se proteger com vestuário adequado e utilizar protetor solar com fator de proteção de no mínimo 15. Visando detectar quaisquer alterações cutâneas, o autoexame regularmente e o acompanhamento anual com um especialista é fundamental para um diagnóstico precoce e então, mais chances de cura (MARTENS *et al.*, 2018).

Entretanto, tal medida pode apresentar aspectos negativos já que o alto custo de protetores no mercado e o pouco hábito de utilizar tal produto no dia a dia, por exemplo, podem ser um desafio para determinadas pessoas (SIMÕES *et al.*, 2011). Além disso, os protetores solares normalmente possuem um filtro químico em sua composição, a benzofenona-3 que, apesar de proteger contra os efeitos prejudiciais da luz UV, contamina principalmente ambientes marinhos (DOWNS, 2016). Basta uma pequena porcentagem de benzofenona-3 (entre 1 e 10%) para alastrar áreas de recifes de coral a cada ano, de acordo com Danovaro (2005). Ainda incluem dano

oxidativo ao DNA, formação de dímeros pirimidínicos de ciclobutano, quebras de DNA de fita simples e aumento na formação de sítios básicos de DNA (CUQUERELLA *et al.*, 2012).

Atualmente já se conhece algumas medidas alternativas preventivas para o câncer de pele, pode-se citar a vitamina B3, atua como equilíbrio redox e produção de energia, sendo substratos para enzimas envolvidas em vias de sinalização, regulando assim funções biológicas, incluindo expressão genética, progressão do ciclo celular, reparação de DNA e morte celular (RIBEIRO, 2019). De acordo com Chen *et al.*, a vitamina B3 se mostrou eficaz para o tratamento de pessoas que desenvolveram CPNM duas vezes em cinco anos como quimioproteção, que é um meio de controle do câncer que a partir de substâncias naturais, sintéticas ou específicas podem retardar, suprimir ou reverter o processo da carcinogênese. Nesse sentido, o uso de fitoquímicos que apresentem propriedades antioxidantes e até reparação do DNA é estimulado (NICHOLS JA; KATIYAR SK; 2010).

Novas medidas de prevenção de câncer de pele vêm sendo exploradas, principalmente por meio do uso plantas que apresentam em sua composição antioxidantes naturais, substâncias que ajudam a neutralizar os radicais livres formados devido à exposição solar. Sabe-se que são complementos às abordagens convencionais de proteção solar, por exemplo (NICHOLS JA; KATIYAR SK 2010).

Os polifenóis são encontrados em alimentos naturais, como frutas, vegetais, sementes, cascas e folhas. São importantes compostos que contribuem com efeitos positivos à saúde, por poderem possuírem atividades anti-inflamatórias, antioxidantes e imunomoduladores, podendo, então, ser utilizados como substâncias que ajudam a combater o câncer, inclusive o de pele (GUARATINI *et al.*, 2009). Essa demanda por novas alternativas de prevenção está relacionada com a baixa toxicidade comparada com os antioxidantes sintéticos, sendo tão eficazes quanto (BALIGA; KATIYAR, 2006). O uso de antioxidantes está relacionado com a prevenção do processo da carcinogênese (NICHOLS JA; KATIYAR SK 2010).

Os extratos naturais com potencial antioxidante oriundos de produtos naturais vêm sendo cada vez mais pesquisados. O extrato de própolis verde, por exemplo, possui flavonoides na sua composição, sendo altamente eficazes pela atividade antioxidante. Assim como o extrato bruto de soja, da família *Leguminosae*, quando dissolvida em água também apresenta atividade antioxidante.

Na região da Amazônia, é comum encontrar a espécie *Arrabidaea*, pertencente à família *Bignoniaceae*, que possui atividade fotoprotetora e anti-inflamatória, o que pode complementar a atividade antioxidante no sentido de prevenção. Essa planta possui absorção semelhante aos filtros solares sintéticos, sendo uma ótima opção de prevenção de câncer, uma vez que é livre de compostos inorgânicos, sendo rica em flavonoides, antocianinas e taninos (SIRAICHI *et al*, 2013).

Plantas encontradas no estado do Pará também apresentam atividade antioxidante a partir da presença de taninos e flavonoides, com destaque ao extrato de *Dalbergia monetaria* (PAULETTO G *et al*, 2017). Além disso, aliado às estratégias de prevenção utilizando antioxidantes, de acordo com Newman e Cragg (2016), mais de 51% dos anticancerígenos se originaram de compostos naturais, o que os tornam excelentes alvos de estudo.

A *Jacaranda mimosifolia* (*J. mimosifolia*), pertencente à família *Bignoniaceae* e popularmente conhecida como jacarandá-mimoso, é uma árvore originária da América do Sul, especialmente da Argentina, Brasil, Bolívia e do Uruguai (GILMAN; WATSON, 1993). Tal árvore é de grande interesse ornamental, uma vez que possui flores de coloração arroxeadas, em forma de trompete e arranjadas em inflorescências do tipo panícula, o que a torna atraente para utilização na arborização de cidades (FELIZARDO *et al.*, 2021).

Além de suas características ornamentais, a *J. mimosifolia* vem sendo estudada quanto aos seus potenciais biológicos (AGUIRRE-BECERRA *et al.*, 2020; NAZ *et al.*, 2020). Um estudo utilizando extratos metanólico e aquoso das flores de *J. mimosifolia* avaliou atividade antibacteriana e antioxidante, concluindo que podem ser uma alternativa antimicrobiana e antioxidante natural devido à quantidade considerável de compostos polifenólicos (AGUIRRE-BECERRA *et al.*, 2020).

Outro estudo mostrou que o extrato metanólico bruto de folhas *J. mimosifolia*, bem como suas partições apresentaram potencial antitumoral, anti-inflamatória e antioxidante *in vitro*, sendo as duas últimas capazes de contribuir para prevenção de condições prejudiciais designadas pelo estresse oxidativo (NAZ *et al.*, 2020). Nesse sentido, observa-se que principalmente pelos compostos fenólicos a *J. mimosifolia* apresenta, a presença de grupos hidroxilas (-OH) e de um anel aromático, é que

geralmente trazem esses benefícios pela posição dos grupos e a estrutura (BALASUNDRAM; SUNDRAM; SAMMAN, 2006).

Os antioxidantes da *Jacaranda mimosifolia* são provenientes de fontes vegetais e emergem uma opção promissora para complementação na prevenção do câncer de pele, pela presença de metabólitos secundários como flavonoides e compostos fenólicos que possuem potencial na neutralização de radicais livres, podendo mitigar os danos oxidativos causados pela exposição à radiação UV (NAZ *et al.*, 2020; BALASUNDRAM *et al.*, 2006; IHA *et al.*, 2008).

Como mencionado, a atividade antioxidante da *J. mimosifolia* já foi relatada, relacionado com a presença de compostos polifenólicos (NAZ *et al.*, 2020). Além disso, não foram avaliados quanto a essa atividade, extratos hidroetanólicos 70% das folhas, bem como suas partições hexânica, acetato etilênica e butanólica.

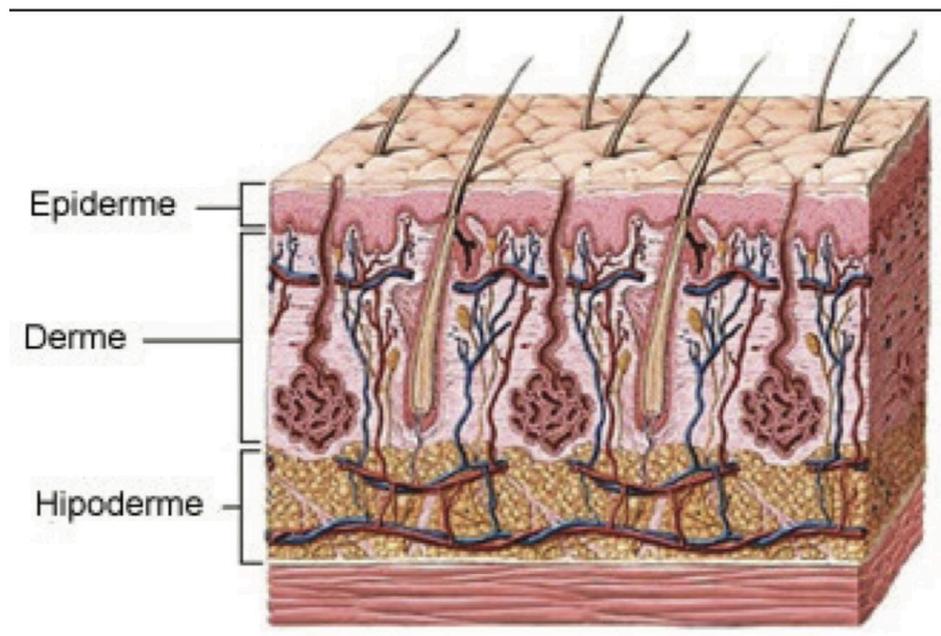
Entre todos esses aspectos apontados, torna-se necessário aprimorar estudos utilizando extratos e partições de *J. mimosifolia*, a fim de obter recursos naturais em prol à saúde humana (COSTA, 2022). Nesse sentido, diante da necessidade de aumentar medidas de prevenção contra o câncer de pele e do potencial uso da *J. mimosifolia* como fonte de compostos antioxidantes, estudos que busquem obter, concentrar e avaliar a eficácia de tais substâncias merecem incentivo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PELE

A pele é o maior órgão do corpo humano, com uma área aproximada de 2 m² e atua como barreira protetora contra fatores externos. Sua estrutura, como ilustrada na FIG. 1, compõe três camadas: epiderme, derme e hipoderme, cada uma desempenhando funções específicas, como proteção mecânica, regulação de temperatura e percepção sensorial (PIAZZA, 2011).

Figura 1 - Camadas da pele: Epiderme, Derme e Hipoderme.



Fonte: JUNQUEIRA (2013).

A epiderme é a camada mais superficial da pele, possui quatro camadas: córnea, granulosa, espinhosa e basal. Ela possui origem embrionária ectodérmica, assim como o sistema nervoso, por isso é possível correlacionar alguns sinais/sintomas dermatológicos com aspectos emocionais. A derme é um tecido que conecta a epiderme e a derme, é composto de colágeno, elastina e glicosaminoglicanos, responsáveis pela proteção mecânica de barreira e pela coesão da epiderme. Possui espessura quatro vezes maior que a epiderme e suas principais células são os fibroblastos, que produzem grande quantidade de colágeno

e elastina, que garantem sustentação, extensibilidade e resistência da pele. Já a hipoderme, é responsável pelo isolamento térmico e proteção mecânica, além de armazenar energia na forma de lipídio. Nessa camada, podem ser encontrados apêndices cutâneos como: folículo piloso, glândulas sebáceas, glândulas sudoríparas e unhas (ALVES *et al.*, 2019).

O mecanismo oxidante da pele está relacionado à geração de radicais livres e ao estresse oxidativo, que desempenha um papel importante no envelhecimento cutâneo e nos danos estruturais. O estresse oxidativo é gerado a partir da oxidação de biomoléculas como proteínas, lipídios e DNA, resultando na manipulação da matriz extracelular e na perda de elasticidade da pele. Para proteger processos que causam dano nas membranas celulares, por exemplo, a pele possui mecanismos antioxidantes naturais, como enzimas protetoras e compostos quelantes de íons metálicos. Porém, a eficácia desses mecanismos diminui com o envelhecimento, tornando a pele mais vulnerável aos efeitos oxidativos e ao fotoenvelhecimento (HIRATA, SATO & MSANTOS, 2004).

Ao longo das diferentes fases da vida, a pele passa por diversas transformações. Na infância, apresenta-se mais fina e vulnerável; durante a adolescência, sofre influência hormonal, podendo resultar em alterações na oleosidade e no aparecimento de acne. Com o avanço da idade, há uma redução na produção de colágeno e outras mudanças estruturais que favorecem o surgimento de rugas e manchas (BERNARDO *et al.*, 2019).

Essas modificações ressaltam a necessidade de cuidados adequados com a pele ao longo da vida, destacando sua importância para a saúde e o bem-estar (PEREIRA *et al.*, 2012).

2.2 ESTRESSE OXIDATIVO

Quando um átomo ou molécula possui um elétron desemparelhado em sua última camada eletrônica, tornando seu número total de elétrons ímpar, adquire uma alta reatividade química. Essas espécies altamente instáveis são conhecidas como radicais livres (FERREIRA; MATSUBARA, 1997).

Nos organismos aeróbicos, quando ocorre a redução do oxigênio por quatro elétrons na cadeia de transporte de elétrons mitocondriais, há produção de ATP (trifosfato de adenosina). Cerca de 98% do oxigênio consumido é utilizado pelas mitocôndrias, e reduzidos pela citocromo oxidase. Se o oxigênio receber menos de quatro elétrons, pode formar EROs ou radicais livres (RODRIGUES *et al.*, 2003).

O estresse oxidativo é uma característica bioquímica que ocorre quando há um desequilíbrio entre a produção de radicais livres e a capacidade do organismo de neutralizá-los por meio de seus sistemas antioxidantes. Esse descompasso tem sido amplamente adicionado ao desenvolvimento de diversas doenças, incluindo problemas cardiovasculares, câncer e distúrbios neurodegenerativos (BARBOSA *et al.*, 2010; COSTA *et al.*, 2010). O estresse oxidativo se manifesta quando há um aumento da ação de fatores pró-oxidantes em relação à defesa antioxidante do organismo. Esse desequilíbrio pode levar a danos em moléculas essenciais, como lipídios, proteínas e DNA, cujas alterações geram biomarcadores que permitem avaliar o status oxidativo do corpo (BRESSAN *et al.*, 2010).

Além dos processos metabólicos naturais, fatores externos também contribuíram significativamente para o aumento da produção de radicais livres. A exposição à poluição, o tabagismo, o consumo excessivo de álcool e o contato com substâncias tóxicas estão entre os principais agravantes desse quadro (COSTA *et al.*, 2010).

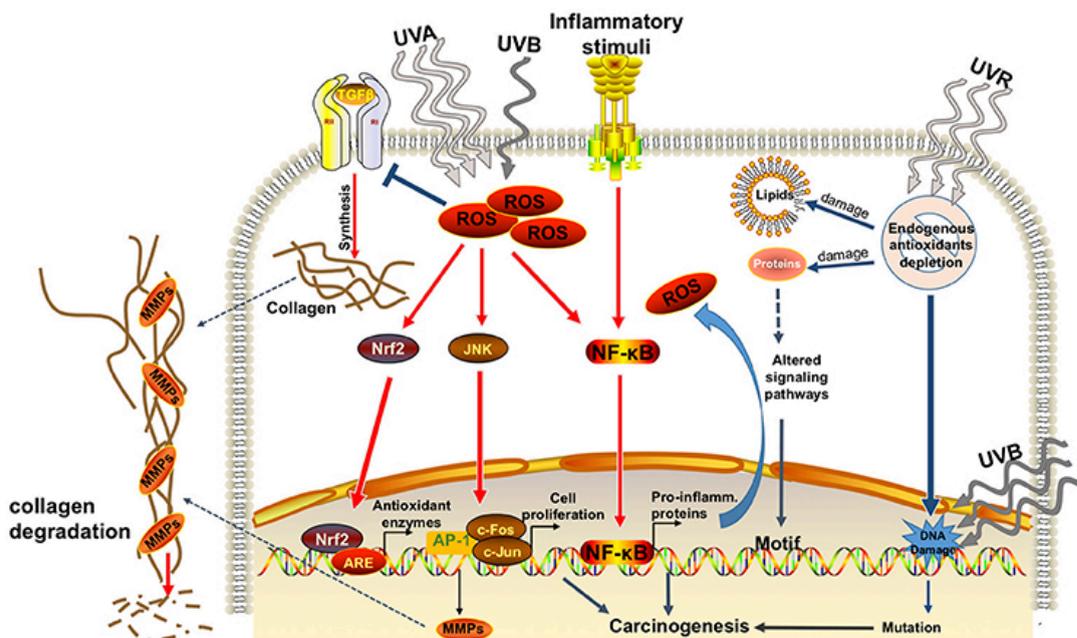
Outro fator relevante é a exposição à radiação ultravioleta (UV), especialmente a radiação UVB, que pode induzir a formação de espécies reativas de oxigênio (EROs) na pele. Esse aumento na produção de radicais livres pode causar danos celulares graves, contribuindo para o envelhecimento precoce e aumentando o risco de câncer de pele. Além disso, uma exposição prolongada à radiação UV pode comprometer a resposta antioxidante do organismo, agravando ainda mais o estresse oxidativo (BALOGH *et al.*, 2011).

A formação de radicais livres na pele ocorre predominantemente devido à exposição à radiação ultravioleta (UV), especialmente os raios UVA, que possuem um comprimento de onda maior e conseguem penetrar mais profundamente na derme. Esses raios iniciam reações químicas que geram radicais livres, moléculas altamente reativas que podem danificar células e estruturas celulares, incluindo lipídios, proteínas e DNA. O processo de formação de radicais livres é um dos

principais mecanismos pelo qual a radiação UV causa fotoenvelhecimento, resultando em rugas, perda de elasticidade e rigidez da pele. Além disso, esses radicais livres estão associados a mutações genéticas que podem levar ao desenvolvimento de câncer de pele. Portanto, a proteção contra a radiação UV, por meio do uso de fotoprotetores e barreiras físicas, é fundamental para mitigar esses danos e preservar a saúde da pele (SILVA *et al.*, 2014).

Na FIG. 2, observa-se os efeitos da radiação UVR (UVA+UVB) sobre os queratinócitos epidérmicos. A exposição à UVR estimula a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS), resultando em um desequilíbrio entre pró-oxidantes e antioxidantes, o que desencadeia estresse oxidativo. Esse processo leva à degradação de lipídios, proteínas e danos ao DNA, que são ainda mais intensificados pela radiação UVB. Além disso, ROS ativa fatores de transcrição como Nrf2, JNK e NF- κ B, que regulam a expressão de genes antioxidantes, inflamatórios e relacionados à proliferação celular. A resposta inflamatória gerada promove edema, eritema e intensifica a produção de ROS, contribuindo para alterações celulares que podem favorecer a carcinogênese. Além disso, o estresse oxidativo induz a liberação de metaloproteinases de matriz (MMPs), enzimas responsáveis pela degradação do colágeno, um dos principais fatores associados ao envelhecimento cutâneo (DUNAWAY *et al.*, 2018).

Figura 2 - Efeitos da radiação ultravioleta solar na pele.



Fonte: DUNAWAY *et al.* (2018).

Os principais radicais livres gerados pela exposição à radiação ultravioleta (UV) incluem o radical hidroxila ($\bullet\text{OH}$), o radical superóxido ($\text{O}_2^{\bullet-}$), os radicais peroxila ($\text{ROO}\bullet$) e os radicais alcoxila ($\text{RO}\bullet$). Dentre eles, o radical hidroxila se destaca como um dos mais reativos, sendo capaz de causar danos diretos ao DNA, lipídios e proteínas. O radical superóxido, por sua vez, é produzido durante o metabolismo celular e pode reagir com outras moléculas, dando origem a compostos como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que também apresenta alta reatividade. Já o radical peroxila é gerado pela oxidação dos lipídios e pode comprometer a integridade das membranas celulares e das estruturas proteicas. Os radicais alcoxila, também derivados da oxidação lipídica, estão diretamente envolvidos no processo de peroxidação lipídica, o que resulta em danos significativos às membranas celulares (FERREIRA; MATSUBARA, 1997). No QUADRO 1, é possível observar as principais espécies reativas de oxigênio com seus possíveis locais de ação.

Quadro 1 - Principais espécies reativas de oxigênio e seus locais de ação.

Espécies	Estrutura química	Descrição	Ocorrência	Ação
Radical hidroxila	$\bullet\text{OH}$	Altamente reativo	Formado a partir da homólise da água	DNA, proteínas, carboidratos e lipídeos
Radical superóxido	$\text{O}_2^{\bullet-}$	Radical mais potente na indução de dano celular	Aproximadamente em todas as células aeróbicas	Na maioria das reações atua como agente redutor
Radicais peroxila	$\text{ROO}\bullet$	Altamente reativo, especialmente em processos de oxidação lipídica	Formado durante a peroxidação lipídica	Principalmente lipídeos
Radicais alcoxila	$\text{RO}\bullet$	Altamente reativo e instável	Formado pela decomposição de hiperóxidos (ROOH) ou por reações de quebra oxidativa	Lipídeos e proteínas
Peróxido de hidrogênio	H_2O_2	Não é um radical livre, porque não possui elétrons desemparelhados na última camada	Reações para produção de $\bullet\text{OH}$	Proteínas e lipídeos

Fonte: adaptado pelo autor e Garcez *et al.* (2004).

A formação de radicais livres interage de maneira prejudicial com as proteínas da pele, especialmente o colágeno e a elastina. Essas interações ocorrem principalmente por meio da oxidação de resíduos de aminoácidos, levando à modificação estrutural e funcional das proteínas. Como consequência, ocorre a degradação do colágeno e da elastina, resultando na perda da firmeza e elasticidade da pele. O estresse oxidativo induzido pelos radicais livres compromete a síntese de novo colágeno, dificultando a capacidade de regeneração cutânea e alterando a composição da matriz extracelular. A oxidação das proteínas também altera a matriz extracelular, dificultando a renovação e reparo da pele (TSAKALIDOU, 2004).

Além dos danos às proteínas, os radicais livres gerados pela radiação UV podem interagir diretamente com o DNA celular, causando quebras de fita dupla e modificações nas bases nucleotídicas, aumentando o risco de câncer de pele. Outro mecanismo relevante é a ativação de vias inflamatórias em resposta ao estresse oxidativo, criando um ambiente propício para a proliferação celular descontrolada e a progressão de tumores cutâneos (BALOGH *et al.*, 2011).

2.3 DESENVOLVIMENTO DE FOTOENVELHECIMENTO E DE CÂNCER DE PELE CAUSADO PELA RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

A pele é o maior órgão do corpo humano e desempenha um papel fundamental na proteção contra agentes externos, incluindo a radiação ultravioleta (UV) (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008). Com o passar dos anos, ocorrem diversas modificações anatômicas e fisiológicas nesse tecido, como o afinamento da epiderme, a redução da síntese de colágeno e o aumento da fragilidade dos vasos sanguíneos. Essas alterações são influenciadas tanto pelo envelhecimento natural quanto pela exposição crônica à radiação UV, que pode causar danos diretos ao DNA das células aparentes (RIBEIRO, 2019).

A radiação UV é composta em três tipos: UVA, UVB e UVC. Dentre eles, os raios UVA e UVB são os principais responsáveis pelo fotodano específico e pelo desenvolvimento do câncer de pele. A exposição prolongada à radiação UVA acelera o envelhecimento cutâneo ao estimular a produção de radicais livres, os quais

comprometem a integridade celular e podem induzir mutações genéticas (KEDE; SABOTOVICH, 2004). Essas alterações podem interferir no ciclo celular e nos mecanismos de apoptose, favorecendo o desenvolvimento de neoplasias sintéticas, como o carcinoma basocelular, o carcinoma espinocelular e o melanoma (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008).

A exposição à radiação ultravioleta (UV) resulta na formação de espécies reativas de oxigênio (ROS), que são radicais livres capazes de causar danos prejudiciais às células da pele. Esses danos incluem lesões diretas ao DNA, que podem levar à formação de mutações associadas à fotocarcinogênese e ao fotoenvelhecimento. Além disso, os ROS podem comprometer a integridade de proteínas essenciais para a manutenção da pele, como colágeno e elastina. O aumento dos ROS provoca estresse oxidativo nas células da pele, ativando vias de sinalização que podem resultar em inflamação, apoptose e alterações no metabolismo celular. Os ROS também podem induzir um mecanismo de degradação, conhecido como autofagia, que degrada componentes celulares danificados, contribuindo para a manutenção da homeostase celular, que se refere à capacidade das células de manter um ambiente interno estável e equilibrado, independente das condições externas (GROMKOWSKA-KEPKA *et al.*, 2021).

O envelhecimento pode ser classificado em intrínseco e extrínseco, cada um resultando em diferentes alterações. O envelhecimento intrínseco está relacionado a fatores genéticos e ao próprio processo biológico do organismo, enquanto o extrínseco é influenciado por fatores ambientais, como exposição à radiação ultravioleta, poluição e hábitos de vida. As características dessas alterações variam conforme a origem do envelhecimento (MONTAGNER, 2009). O QUADRO 2 apresenta as principais diferenças entre as modificações associadas a cada tipo de envelhecimento.

Quadro 2 - Alterações cutâneas provocadas por envelhecimento intrínseco e extrínseco.

	Envelhecimento intrínseco (Cronológico)	Envelhecimento extrínseco (Fotoenvelhecimento)
Rugas	Finas	Profundas
Camada córnea	Inalterada	Afilada
Células displásicas	Poucas	Muitas
Fibras de colágeno	Pequena alteração no tamanho e organização	Grande alteração no tamanho e organização
Fibras elásticas	Reorganizadas	↓ produção e ↑ degeneração
Folículo capilar	↓ número e afinamento	↓ número e estrutura: perda capilar
Melanócitos	Normal	↓ número e melanina
Glândulas sebáceas e sudoríparas	↓ número	↓ número: pele seca
Junção dermoepidérmica	Leve achatamento	Importante achatamento
Microvasculatura	Área reduzida	Telangiectasias, equimoses, infiltrado inflamatório perivascular
Alterações benignas	Ceratose seborreica	Ceratose seborreica
Alterações pré-malignas	-	Ceratose actínica
Alterações malignas	-	Carcinoma basocelular e espinocelular

Fonte: Adaptado pelo autor (2025) e MONTAGNER; COSTA (2009).

Além disso, a exposição à radiação UV pode desencadear uma resposta inflamatória crônica na pele, criando um ambiente propício à radiação celular descontrolada. Esse processo inflamatório, associado à imunossupressão causada pelos raios UV, reduz a capacidade do organismo de identificar e eliminar células com danos genéticos, contribuindo para o desenvolvimento de tumores cutâneos (RIBEIRO, 2019).

A resposta inflamatória crônica da pele envolve uma interação complexa entre diversas células do sistema imunológico e é a liberação de citocinas que regulam essa resposta. Os linfócitos T, como os linfócitos *T helper* tipo 2 (Th2) e tipo 17 (Th17), estão envolvidos na modulação da inflamação. Os linfócitos T Th2 produzem as citocinas interleucina-4 (IL-4) e interleucina-13 (IL-13), promovendo a ativação das células B. Já os linfócitos T Th17 liberam a interleucina-17 (IL-17), que contribuem para a resposta imune (GUTTMAN-YASSKY *et al.*, 2019). Os

macrófagos e as células dendríticas interagem com os linfócitos Th levando a produção de citocinas que mantêm e amplificam o processo inflamatório (SANCHES, 2010). Essa rede de interações celulares e citocinas resulta em um ambiente inflamatório persistente, que é característico de várias condições dermatológicas crônicas, como psoríase e dermatite atópica (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

2.4 PRODUTOS NATURAIS

Os produtos naturais têm se destacado como fontes inestimáveis de compostos químicos, desempenhando papéis cruciais no tratamento de doenças, especialmente o câncer. O uso de plantas medicinais é uma prática antiga, com registros que datam de cerca de 2700 a.C. na China e de 1500 a.C. em papiros egípcios (ROCHA *et al.*, 2001). Porém o desenvolvimento e a aplicação desses compostos só começaram a avançar a partir da década de 1940, devido a identificação mais concreta dos princípios ativos (MANN, 2002).

Produtos naturais têm desempenhado um papel fundamental na medicina, como a atropina, extraída da *Atropa belladonna*, e a artemisinina, obtida da *Artemisia annua*, ambas já utilizadas em tratamentos médicos. Na farmacologia moderna, destacam-se compostos como a morfina, isolada da papoula (*Papaver somniferum*), e a penicilina, derivada do fungo *Penicillium notatum* (ROCHA *et al.*, 2001).

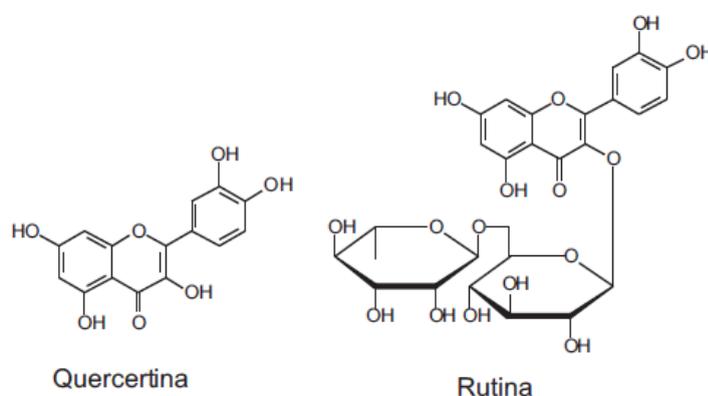
A natureza continua a ser um pilar essencial na descoberta de novos tratamentos, especialmente na busca por alternativas eficazes contra o câncer. A pesquisa contínua e o avanço de compostos em testes clínicos reforçam a importância dos produtos naturais como fonte de inovação no desenvolvimento de produtos cosméticos (NEWMAN *et al.*, 2003).

2.5 BENEFÍCIOS DOS ANTIOXIDANTES NATURAIS

Os compostos fenólicos podem ser divididos em flavonóides e não flavonóides, onde ambos são considerados metabólitos secundários (MELO & GUERRA, 2002; BURNS *et al.*, 2011). Os flavonóides despertam grande interesse devido à sua ampla atividade farmacológica, incluindo propriedades antitumorais, antioxidantes, anti-inflamatórias e antivirais (AGRAWAL, 2011; GOMES *et al.*, 2002; HEIM *et al.*, 2002; MELLOU *et al.*, 2005; SHASHANK; ABHAY, 2013; SELVARAJ *et al.*, 2013; FLAMBÓ, 2013). Por sua ação antioxidante, os flavonóides ajudam a reduzir o estresse oxidativo no organismo, um fator associado ao desenvolvimento de diversas doenças, como câncer, diabetes tipo 2 e doenças cardiovasculares. Essa capacidade protetora deve-se à sua estrutura química, que possibilita a doação de elétrons, impedindo a oxidação de biomoléculas vitais (AGRAWAL, 2011; GOMES *et al.*, 2002).

Dois exemplos de flavonoides são a quercetina e a rutina, representados na FIG. 3. A primeira é capaz de modular respostas inflamatórias. Isso sugere que a ingestão de alimentos ricos em quercetina pode contribuir para a saúde cardiovascular e prevenção de doenças. A segunda oferece proteção contra peroxidação lipídica e melhora a função endoteliais, protegendo os vasos sanguíneos e contribuindo para a saúde cardiovascular (FORMICA; REGELSON, 1995; YOO *et al.*, 2014; PIMENTEL *et al.*, 2013).

Figura 3 - Quercetina e Rutina.



Fonte: MENDES *et al.* (2021) e ZHOU *et al.* (2022).

2.6 CLASSES DE COMPOSTOS QUÍMICOS QUE APRESENTAM ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os compostos fenólicos, como flavonoides, taninos e ácidos fenólicos, podem ser encontrados em frutas, vegetais e bebidas. A estrutura química desses compostos permite a doação de elétrons, evitando a oxidação de biomoléculas essenciais (AGRAWAL, 2011; GOMES *et al.*, 2002).

Um dos principais mecanismos de ação dos flavonoides é a capacidade de prevenir danos celulares a partir do sequestro de radicais livres que neutralizam as espécies reativas de oxigênio (ROS). Esses compostos podem modular a atividade de enzimas antioxidantes endógenas, como a superóxido dismutase e a glutathione peroxidase, aumentando a defesa antioxidante do organismo (PÉREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2010). Com isso, os flavonoides, além de atuarem como antioxidantes, também modulam vias de sinalização celular, podendo reduzir riscos de doenças crônicas (HEIM *et al.*, 2002).

Os terpenoides são metabólitos secundários encontrados em plantas e são conhecidos por apresentarem atividades sobre o sistema nervoso central (SNC) (PASSOS *et al.*, 2009), propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias. Desse metabólito, pode-se destacar os carotenoides, que atuam na eliminação de espécies reativas de oxigênio e na proteção de doenças crônicas (NEWMAN *et al.*, 2003).

As cumarinas, compostos fenólicos com um núcleo benzênico e lá tona em sua estrutura química, são amplamente estudadas pelo seu potencial farmacológico, destacando-se como agentes anticoagulantes, anticancerígenos, neuroprotetores, além de apresentarem atividades anti-Alzheimer, antivirais, antibacterianas, antifúngicas, antidiabéticas, anti-inflamatórias e antioxidantes (FRANCO *et al.*, 2021). Sua atividade antioxidante está associada à presença do grupo hidroxila (-OH) e a configuração do anel benzênico, que permite a doação de elétrons e a estabilização de radicais livres, facilitando a transferência de elétrons que resulta na neutralização de espécies reativas de oxigênio (ROS) (HUSSAIN *et al.*, 2018; FRANCO *et al.*, 2021).

As antraquinonas, compostos bioativos presentes na *Aloe vera*, apresentam propriedades antifúngicas, antibacterianas, laxativas e antioxidantes, interferem na

proteção da oxidação de lipídios e proteínas. Além disso, vêm sendo amplamente estudados por seu potencial terapêutico no tratamento de doenças inflamatórias e neurodegenerativas (MALIK *et al.*, 2016).

Os ácidos graxos, especialmente os poli-insaturados, como os ômega-3 e ômega-6, demonstraram atividade farmacológica significativa, com destaque para suas propriedades antioxidantes. Esses compostos atuam como sequestradores de radicais livres, protegendo as células contra o estresse oxidativo, um fator associado ao desenvolvimento de diversas doenças crônicas, incluindo câncer e doenças cardiovasculares (CURI, 2002). Os antioxidantes fenólicos derivados dos ácidos graxos, como o ácido linoleico, são particularmente eficazes na neutralização de espécies reativas de oxigênio, reduzindo danos estruturais às células (JARDINI; MANCINI-FILHO, 2007). Além disso, a redução da oxidação lipídica e a modulação da resposta inflamatória são mecanismos pelos quais esses ácidos graxos exercem seus efeitos benéficos, reforçando não apenas sua relevância nutricional, mas também seu potencial terapêutico na promoção da saúde e na prevenção de doenças (POMPEIA *et al.*, 1999).

2.7 JACARANDA MIMOSIFOLIA

Bignoniaceae é uma família que apresenta cerca de 800 espécies, 120 gêneros, sendo encontrados 350 espécies em 50 gêneros no Brasil (FISCHER *et al.*, 2004). A espécie de *Jacaranda mimosifolia*, representada na FIG. 4, conhecida pelas flores arroxeadas, é comumente utilizada em paisagismo urbano e na recuperação de áreas florestais. Essa espécie exótica é nativa da Argentina, Bolívia e Paraguai. (ALVES *et al.*, 2010). No Brasil, a espécie conhecida por jacarandá-mimoso, pode ser encontrada em Santa Catarina e em regiões tropicais e temperadas. Em São Paulo, é utilizada na ornamentação e arborização urbana (LORENZI *et al.*, 2003).

Figura 4 - Imagem ilustrativa da espécie de *Jacaranda mimosifolia*.



Fonte: O ABETO. Cultivando *Jacaranda mimosifolia*: Como plantar e cuidar dos jacarandás.

A espécie possui sementes aladas, com dimensões variando de 7,09 a 9,26 mm de comprimento, 6,74 a 9,39 mm de largura e 1,11 a 1,89 mm de espessura. O crescimento inicial das mudas é influenciado pelas condições ambientais, sendo que aquelas colheitas sob exposição direta ao sol apresentam maior diâmetro do coleto, maior massa seca radicular e um Índice de Qualidade de Dickson (IQD) superior. O cultivo pode ser otimizado em ambientes controlados, como estufas, para melhor acompanhamento do desenvolvimento das plântulas, identificação e manejo adequado da espécie (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Em um estudo conduzido por Alves e seus autores (2010), foi observado que a floração da *J. mimosifolia* ocorreu entre agosto a novembro. As flores se apresentaram tubulares, com quatro estames e um estaminódio desenvolvido. No momento em que a flor se abre (início às 6h finalizando às 10h), apresenta odor suave e coloração azul-arroxeadada. Entre dois a três dias, a duração da flor é interrompida pela corola se desprendendo e caindo. Os autores observaram visitas florestais com comportamento de polinizadores, como as abelhas, que fizeram contato com as antenas e estigma. A *Jacaranda mimosifolia* possui floração anual e

por produzir poucas flores durante o dia por um período extenso, se caracteriza como estacionária (NEWSTROM *et al.*, 1994; GENTRY, 1974).

O estudo conduzido por Naz *et al.* (2020) teve como objetivo investigar as possíveis atividades biológicas da *Jacaranda mimosifolia*, evidenciando suas propriedades antimicrobianas, antioxidantes e anti-inflamatórias. As folhas da planta foram submetidas a extratos metanólicos, onde foram analisados por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (GC-MS) para identificar bioativos presentes. Analisando a atividade antimicrobiana a partir de pesquisa com método de difusão em ágar, o extrato demonstrou eficácia contra cepas bacterianas, como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* e *Bacillus subtilis*, além de cepas fúngicas, como *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus* e *Fusarium oxysporum*. Em relação a atividade antioxidante, os extratos metanólicos demonstraram capacidade de sequestro de radicais livres demonstrados pelos ensaios DPPH e ABTS, onde em concentrações de 50-100 µg/mL, os extratos apresentaram inibição variando de 25% a 85%. Os níveis de compostos fenólicos totais também foram correlacionados positivamente à atividade antioxidante, sugerindo que esses compostos desempenham papel fundamental na proteção contra estresse oxidativo. Com esses resultados, os autores posicionam a *Jacaranda mimosifolia* como promissora fonte de agentes terapêuticos naturais.

Na *Jacaranda mimosifolia*, os flavonoides isoquercetina, quercetina, kaempferol, luteolina e apigenina destacam-se por desempenharem atividade antioxidante, atuarem na neutralização de espécies reativas de oxigênio (ROS) e por modular resposta inflamatória. Esses compostos contribuem na proteção celular, reduzindo o estresse oxidativo e prevenindo danos estruturais às biomoléculas, como lipídios, proteínas e DNA (BARREIRO; FRAGA, 2015). Também auxiliam na regulação de citocinas pró-inflamatórias, atenuando processos inflamatórios crônicos, favorecendo, então, a homeostase celular (OLIVEIRA; SANTOS & PEREIRA, 2015). Além dos flavonoides, os polifenóis como os ácidos fenólicos (cafeico e ferúlico) reforçam essa proteção ao combater os danos induzidos pelos radicais livres e pela radiação ultravioleta. (LEUTCHA *et al.*, 2024).

3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Os variados tipos de câncer estão entre os principais problemas de saúde pública, inclusive o câncer de pele, sendo o do tipo melanoma o que possui maior índice de mortalidade. A radiação UV emitida pelo sol é apontada como uma das principais causas, visto que não somente ativa citocinas pró-inflamatórias nas células da pele, influenciando e no processo carcinogênese, mas também induz lesões no DNA celular devido a formação de radicais livres. Além disso, normalmente pacientes com melanoma são diagnosticados em estágios avançados, quando já estão em processo de metástase. Logo, torna-se necessário que estudos busquem novas alternativas de prevenção, como uso de compostos antioxidantes naturais. Nesse sentido, estudos têm demonstrado que extratos e partições contendo compostos fenólicos são promissores nesse sentido. Esse fato destaca a importância de pesquisas envolvendo plantas medicinais, como a espécie *J. mimosifolia*, por conter metabólitos secundários pertencentes à classe de compostos fenólicos, como por exemplo os flavonoides.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o particionamento do extrato hidroetanólico 70% de *Jacaranda mimosifolia* para avaliar atividade antioxidante *in vitro*.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter o extrato hidroetanólico 70 % de folhas de *J. mimosifolia* (extrato bruto);
- Particionar o extrato obtido utilizando solventes de diferentes polaridades;
- Realizar a triagem fitoquímica do extrato bruto e das suas partições;
- Avaliar a atividade antioxidante do extrato e das suas partições.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 OBTENÇÃO DO EXTRATO HIDROETANÓLICO DE FOLHA DE *JACARANDA MIMOSIFOLIA*

Folhas de *J. mimosifolia*, coletadas no Campus Morro do Cruzeiro da Universidade Federal de Ouro Preto, foram previamente secadas e trituradas pelo grupo de pesquisa. Uma amostra foi preparada para exsicata e depositada no Herbário "Professor José Badini" (OUPR) - DEBIO - UFOP. A pesquisa foi registrada para acesso (aprovação A278BA6) no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen).

Para obter o extrato, as folhas trituradas foram adicionadas a um percolador e umedecidas com álcool etílico 70%. Após a umectação, o solvente foi adicionado para cobrir o material vegetal. O solvente foi retirado a cada 72 horas, concentrado em um evaporador rotatório de até 55 °C. Álcool etílico 70% foi novamente adicionado ao percolador até o esgotamento da planta. As tinturas resultantes foram concentradas em um evaporador rotatório, eliminando o etanol. Os extratos foram acondicionados em placas de Petri e colocados em estufa a 40°C por 24 horas. Posteriormente, as placas foram transferidas para um dessecador a vácuo com sílica de secagem até remover a água residual. O rendimento foi calculado baseado no peso da planta seca e triturada antes da extração em relação à massa de extrato obtida após a remoção de água residual. Os extratos secos foram removidos e armazenados em geladeira em frascos âmbar adequadamente fechados.

5.2 PARTIÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO

Inicialmente, foram pesados 10 g de extrato bruto para a ressuspensão em metanol:água 1:1 (v/v). Após a ressuspensão, o líquido obtido foi transferido para funil de separação. Posteriormente, foi adicionado 60 mL de hexano ao funil de

separação. Após suave agitação, a fase orgânica foi coletada em um béquer. Tal procedimento foi repetido mais duas vezes. As fases orgânicas foram reunidas e reservadas. À fase aquosa resultante, foi adicionado acetato de etila, repetindo o mesmo processo descrito anteriormente. Por fim, foi adicionado à fase aquosa final n-butanol, também da mesma forma descrita para a partição com hexano. Finalmente, as três partições reunidas foram concentradas em evaporador rotatório em temperatura não superior a 55°C. As partições já concentradas foram transferidas para placas de petri previamente pesadas até evaporação do solvente residual. Foram utilizados 10,1343 g de extrato bruto inicial para a realização das partições, resultando nas frações hexânica, acetato de etila e butanólica. A massa líquida e o rendimento de cada fração foram calculados a partir da diferença entre a massa cheia e a massa vazia do recipiente, resultando em uma massa líquida que corresponde a um rendimento, para todas as três frações.

5.3 TRIAGEM FITOQUÍMICA

A caracterização fitoquímica do extrato bruto e das frações utilizados foi através de técnicas cromatográficas e espectrofotométricas para detecção de alcalóides, flavonóides, cumarinas, antraquinonas, terpenóides e ácidos graxos. Para isso, cinco cromatoplasmas de sílica gel (GF-254), foram usadas, sendo três eluídas com mistura de solvente polar ácido (acetato de etila: ácido fórmico: água, 88:6:6), uma com a mistura de solvente polar básico (tolueno: acetato de etila: dietilamina, 70:20:10) e a última com eluente apolar (tolueno: acetato de etila, 93:7). Após secagem completa, as placas foram avaliadas sob luz ultravioleta (UV), com a presença dos reagentes: Reativo de *Dragendorff* (DRG) e ácido sulfúrico 10%, cloreto de alumínio em solução metanólica a 5%, hidróxido de potássio e solução de anisaldeído. A presença dos metabólitos secundários foi indicada pelo sinal positivo (+), enquanto a ausência foi representada pelo sinal negativo (-). Para melhor compreensão do método, os dados foram organizados na QUADRO 3.

Quadro 3 - Parâmetros utilizados para avaliação da marcha fitoquímica do extrato de *Jacaranda mimosifolia* e suas partições.

Placas	Reveladores	Coloração	Presença
II	<i>Dragendorff</i> 10%	marrom	alcalóides
I	Cloreto de Alumínio 5%	verde e laranja	cumarinas e flavonóides
I	Hidróxido de Potássio	amarelo e verde	antraquinonas e cumarinas
I	Solução de Anisaldeído	marrom e azul	terpenóides e ácidos graxos
III	Solução de Anisaldeído	marrom e azul	terpenóides e ácidos graxos

Fonte: autoria própria

5.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

5.4.1 Atividade Antioxidante DPPH

Nesse método, a atividade antioxidante DPPH foi avaliada pelo método descrito por Sousa *et al.*, 2007 com modificações. No ensaio DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazila), o extrato e as partições foram pipetados em placas de 96 poços para atingir três concentrações finais definidas: 1,56 µg/mL, 6,25 µg/mL e 25,00 µg/mL. Em seguida, uma solução DPPH a 0,008% p/v em metanol foi adicionada a cada uma das amostras. O grupo controle foi obtido utilizando DPPH e metanol até atingir o maior valor percentual de radicais livres. Em seguida, todas as amostras foram incubadas em temperatura ambiente (25 ± 2 °C), ao abrigo da luz, por um período de 30 minutos. A leitura da absorbância foi avaliada em leitor de placas com comprimento de onda de 517 nm. O experimento foi conduzido em quadruplicata e a porcentagem de radicais livres foi calculada utilizando o software GraphPad Prism 8.0.1.

5.4.2 Atividade Antioxidante ABTS

No método ABTS, 60 μL dos extratos e partições foram pipetados em placas de 96 poços, alcançando três concentrações finais: 2,50 $\mu\text{g/mL}$, 10,00 $\mu\text{g/mL}$ e 40,00 $\mu\text{g/mL}$. Após a adição das amostras, 240 μL da solução de ABTS foi incorporada, e as placas foram incubadas por 6 minutos, protegidas da luz. A absorção foi medida em um leitor de placas com comprimento de onda de 650 nm. O experimento foi realizado em quadruplicata, e a porcentagem de inibição dos radicais livres foi determinada utilizando o software *GraphPad Prism* 8.0.1 (SOUSA *et al.*, 2007).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 PARTIÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO

A TAB. 1 mostra que, nos resultados do fracionamento do extrato bruto de *Jacaranda mimosifolia*, há uma diferença nos rendimentos das frações obtidas, podendo ser explicado pela interação diferencial dos compostos presentes no extrato com os solventes utilizados. Os rendimentos proporcionais de 9,67%, 20,08% e 26,15% refletem as diferenças na polaridade dos compostos presentes no extrato bruto e suas partições.

Tabela 1 - Resultados da partição líquido-líquido do extrato hidroetanólico de *Jacaranda mimosifolia*.

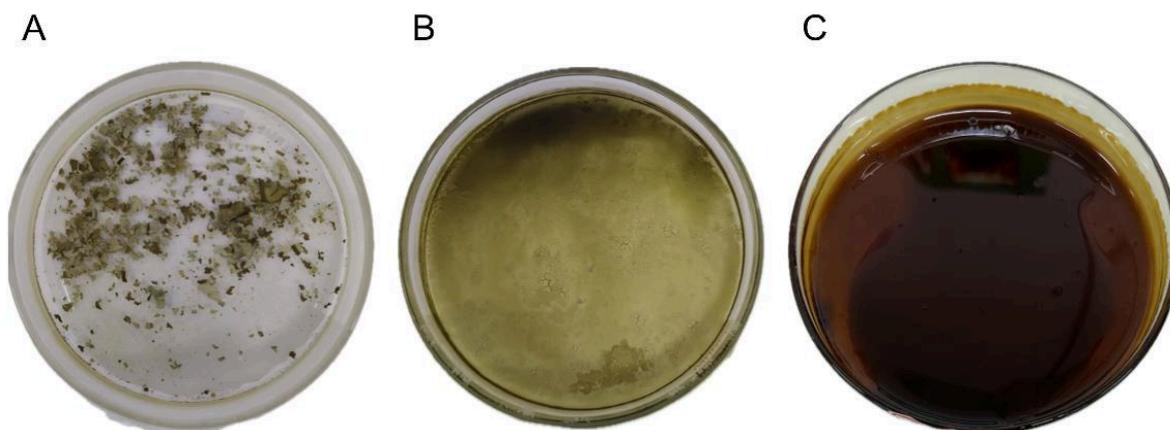
Frações	Massa vazia	Massa cheia	Massa final	Rendimento
Hexânica	47,8603 g	48,84 g	0,9797 g	9,67%
Acetato de etila	49,4451 g	51,48 g	2,0349 g	20,08%
Butanólica	48,6398 g	51,29 g	2,65 g	26,15%

Os valores incluem a massa líquida e o rendimento porcentual das frações hexânica, acetato de etila e butanólica.

Fonte: autoria própria

Para a fração hexânica, a diferença entre a massa cheia (48,84 g) e a massa vazia do recipiente (47,8603 g) resultou em uma massa líquida de 0,9797 g, correspondendo a um rendimento de 9,67%. Na fração acetato de etila, a massa cheia (51,48 g) e a massa vazia (49,4451 g) levaram a uma massa líquida de 2,0349 g, com um rendimento de 20,08%. Por fim, para a fração butanólica, a massa cheia (51,29 g) e a massa vazia (48,6398 g) resultaram em uma massa líquida de 2,65 g, o que corresponde a um rendimento de 26,15%. Na FIG. 5, pode-se observar as frações obtidas através da partição líquido-líquido.

Figura 5– Frações do extrato bruto.



Fração hexânica do extrato hidroetanólico 70% de folhas de *Jacaranda mimosifolia* (A); Fração acetato de etila do extrato hidroetanólico 70% de folhas de *Jacaranda mimosifolia* (B); Fração butanólica do extrato hidroetanólico 70% de folhas de *Jacaranda* (C).

Fonte: autoria própria.

Com isso, observa-se que a fração hexânica apresentou o menor rendimento (9,67%), diminuindo a remoção de uma quantidade reduzida de compostos apolares, possivelmente devido à baixa presença desses compostos no extrato inicial. Esses resultados são de acordo com estudos que relacionam a menor concentração de compostos apolares em espécies do gênero *Jacaranda* (MARTINS; CASTRO; CAVALEIRO, 2008). Os compostos apolares apresentam-se na fração hexânica, como ácidos graxos, e demonstram a camada desses metabólitos por solventes apolares.

Por outro lado, a fração butanólica apresentou o maior rendimento (26,15%), evidenciando a predominância de compostos mais polares, como flavonóides e glicosídeos, que já foram identificados em *J. mimosifolia* e estão associados à atividade antioxidante e antimicrobiana da planta (NAZ *et al.*, 2020).

A fração de acetato de etila obteve um rendimento intermediário (20,08%), indicando a presença de compostos com polaridade moderada, como polifenóis ou terpenos (ANDREO; JORGE, 2006). Essa distribuição reflete a espessura química dos metabólitos secundários dos diferentes solventes utilizados, confirmando a eficiência do método de partição para separar os compostos de acordo com sua polaridade.

Os resultados obtidos destacam a eficácia do uso de solventes com diferentes polaridades no processo de fracionamento, possibilitando a separação inicial de grupos de compostos com características químicas semelhantes.

6.2 TRIAGEM FITOQUÍMICA

Comparando com a literatura e observando o TAB. 2, pode-se observar que, no extrato de folhas de *Jacaranda mimosifolia* há presença de alcalóides, fenólicos, flavonóides, taninos e saponinas (WAWERU *et al.*, 2017). Em paralelo com outro estudo, de acordo com Amâncio (2019), encontra-se na folha de *Jacaranda mimosifolia*, a presença de saponinas, triterpenos e esteróides, geninas flavônicas e heterosídeos flavônicos.

Tabela 2 - Resultados da marcha fitoquímica do extrato de *Jacaranda mimosifolia*.

Metabólitos Secundários	Extrato bruto	Fração hexânica	Fração acetato de etila	Fração butanólica
Alcalóides	-	-	-	-
Flavonóides	+	-	+	+
Cumarina	+	+	+	-
Antraquinona	+	-	-	+
Terpenóides	+	-	-	+
Ácidos graxos	+	+	+	-

(-) não revelado (+) presença.

A tabela apresenta os metabólitos secundários que estiveram presentes ou ausentes em cada fração e extrato bruto.

Fonte: autoria própria.

O DRG e ácido sulfúrico 10% são reagentes que detectam a presença de alcalóides a partir do surgimento de uma coloração marrom quando aplicados na cromatoplaça no sistema polar básico. O cloreto de alumínio em solução metanólica a 5% detecta a presença de cumarinas e flavonóides em cromatoplaças eluídas no sistema polar ácido a partir do aparecimento de uma coloração azul-verde (cumarinas), e amarelo-laranja (flavonóides), quando expostas à luz UV de 365 nm. O hidróxido de potássio (KOH) é um reagente que, aplicado sobre cromatoplaças eluídas no sistema polar ácido, identifica antraquinonas e cumarinas sob luz UV de

365 nm. A reação positiva para antraquinonas resulta em uma coloração vermelho-amarela, e para cumarinas, azul-verde. A solução de anisaldeído é usada para revelar terpenóides e ácidos graxos em cromatoplacas eluídas no sistema polar ácido. A presença de terpenóides é indicada pela coloração amarelo-marrom, enquanto ácidos graxos geram uma coloração azul. No sistema apolar, a solução de anisaldeído também detecta terpenóides e ácidos graxos, com a coloração amarelo-marrom indicando terpenóides e a coloração azul indicando ácidos graxos.

Os resultados da análise fitoquímica das diferentes frações do extrato vegetal revelaram a presença de diversos metabólitos secundários, cada um com uma distribuição característica nas frações estudadas.

A ausência de alcalóides em todas as frações analisadas sugere que esses compostos não estão presentes em quantidades detectáveis ou não são produzidos em níveis significativos pela planta.

Já os flavonoides foram amplamente detectados no extrato bruto, bem como nas frações acetato de etila e butanólica, o que indica uma afinidade destes compostos por solventes polares.

A fração hexânica, por outro lado, não apresentou flavonoides, o que reforça a sua preferência por solventes mais apolares.

As cumarinas mostraram-se presentes no extrato bruto, na fração hexânica e na fração acetato de etila, mas não foram detectadas na fração butanólica. Isso sugere que esses compostos podem estar mais concentrados nas frações menos polares, não sendo significativamente solúveis em solventes mais polares, como o butanol.

Esse padrão também foi observado para as antraquinonas hidroxiladas, que, embora estejam presentes no extrato bruto e na fração butanólica, não foram detectadas nas frações hexânica e acetato de etila, reforçando a afinidade por solventes polares.

Embora se espere encontrar terpenos em frações mais apolares, a análise de triagem fitoquímica indica a presença na fração butanólica. Essa ocorrência pode ser atribuída ao fato de que esses terpenos também apresentam hidroxilas em suas estruturas. Além disso, o butanol além de possuir um caráter polar, também apresenta características apolares devido à presença de carbonos em sua estrutura, conferindo-lhe um caráter hidrofóbico.

Por outro lado, os ácidos graxos apresentaram um comportamento oposto, sendo detectados no extrato bruto, na fração hexânica e na fração acetato de etila, mas ausentes na fração butanólica, evidenciando sua afinidade por solventes apolares.

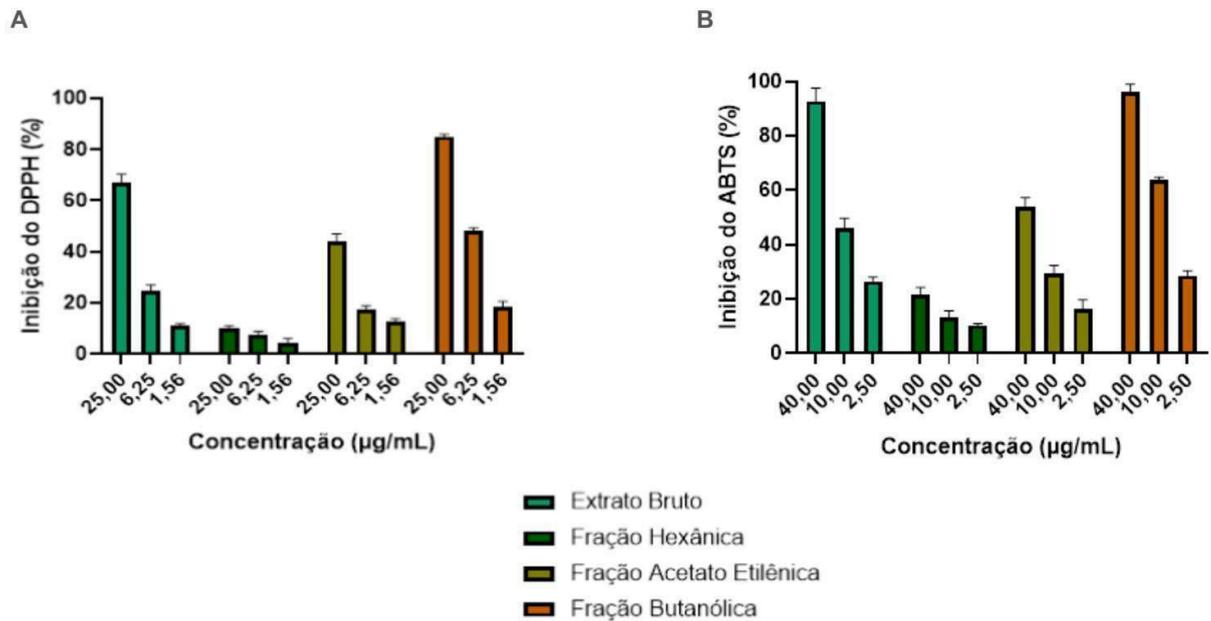
Esses resultados fornecem uma visão detalhada da distribuição dos metabólitos secundários entre as diferentes frações, sugerindo que compostos como flavonóides e terpenóides têm maior afinidade por solventes polares, enquanto os ácidos graxos, por sua natureza lipofílica, são encontrados predominantemente em frações apolares.

A identificação dessas substâncias nas diferentes frações é importante para orientar estudos futuros, principalmente aqueles voltados para a investigação das atividades biológicas e do potencial terapêutico desses compostos.

6.3 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DPPH E ABTS

No rastreamento da atividade antioxidante do extrato hidroetanólico de *Jacaranda mimosifolia*, conforme FIG. 6, foi observado que a fração butanólica apresentou maior capacidade antioxidante, evidenciando-se como a mais eficaz tanto no método DPPH (2,2-difenil-1-picrilidrazil) quanto no método ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico). No método DPPH, a fração butanólica, especialmente em concentrações mais elevadas, apresentou uma forte interferência na neutralização de radicais livres. Da mesma forma, no teste ABTS, essa fração alcançou porcentagens de redução próximas a 100% na concentração de 40,00 µg/mL, enquanto a fração hexânica apresentou menor eficácia em ambos os métodos. Uma fração de acetato de etila também demonstrou atividade antioxidante relevante, embora inferior à butanólica, atingindo cerca de 50% de inibição de radicais ABTS na maior concentração concentrada.

Figura 6- Inibição do DPPH e ABTS a partir das diferentes concentrações do extrato bruto, fração hexânica, fração acetato de etila e fração butanólica.



DPPH (A) e ABTS (B).

Fonte: autoria própria.

Esses resultados podem ser atribuídos ao possível maior teor de flavonóides hidroxilados presentes na fração butanólica, compostos reconhecidos por suas propriedades antioxidantes e sua capacidade de neutralizar radicais livres, protegendo contra o estresse oxidativo (APARECIDA POVH; MANZANO DOS SANTOS SOUZA, 2024). A conclusão é corroborada pelos testes de triagem fitoquímica e pela partição líquido-líquido realizados no estudo.

A fração butanólica demonstrou maior eficácia na neutralização de radicais tanto no método DPPH quanto no ABTS, destacando-se como uma promessa de fonte natural de antioxidantes. Esses resultados reforçam o potencial do extrato de *J. mimosifolia* e suas frações para aplicações na prevenção do estresse oxidativo, um fator associado a diversas condições patológicas, incluindo o câncer de pele. Além disso, sugerem suas previsões em aplicações nas indústrias farmacêuticas e alimentícias (IHA *et al.*, 2008).

7 CONCLUSÃO

Ao longo deste estudo, foi possível demonstrar que a fração butanólica de *J. mimosifolia* apresenta significativa atividade antioxidante, corroborada pelos testes realizados com os radicais livres DPPH e ABTS. A presença de compostos fenólicos, como flavonoides, sugere um forte potencial para a neutralização de radicais livres, o que pode contribuir de maneira eficaz para a proteção contra o estresse oxidativo e, conseqüentemente, para a prevenção do câncer de pele.

Os resultados obtidos ressaltam a importância de explorar o potencial terapêutico de plantas medicinais como a *J. mimosifolia*, não apenas por sua eficácia como fonte de antioxidantes, mas também por sua relevância em contextos de saúde pública, onde a incidência de câncer de pele continua a aumentar. Todavia, recomenda-se a continuidade de pesquisas para melhor compreensão dos mecanismos de ação dos compostos bioativos presentes, bem como sua aplicação em formulações fitoterápicas e cosméticas. Este estudo não apenas abre novas perspectivas para a utilização de recursos naturais na prevenção do câncer cutâneo, mas também incentiva a valorização e preservação da biodiversidade brasileira, que abriga um rico acervo de plantas com potenciais medicinais ainda a serem descobertos.

REFERÊNCIAS

AGRAWAL, AD **Atividades farmacológicas de flavonoides: uma revisão.** *International Journal of Pharmaceutical Sciencies and Nanotechnology*, v. 4, p. 1394-1398, 2011.

AGUIRRE-BECERRA, H.; PINEDA-NIETO, SA; GARCÍA-TREJO, JF; GUEVARA-GONZÁLEZ, RG; FERREGRINO-PÉREZ, AA; ÁLVAREZ-MAYORGA, BL; RIVERA PASTRANA, DM **Flor de jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*) como alternativa de uso antioxidante e antimicrobiano.** *Heliyon*, v. 12, pág. e05802, 2020. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05802.

ALFENAS, RCG; COSTA, NMB; BRESSAN, J. **Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios.** *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 4, pág. 629-643, 2010.

ALVES, Clayton Queiroz *et al.* **Avaliação da atividade antioxidante de flavonóides.** *Diálogos & Ciência*, v. 1-8, 2007.

ALVES, Dalton Gonçalves Lima *et al.* **Estrutura e função da pele.** KASHIWABARA, T, 2019.

ALVES, GR; PERUCHI, A.; AGOSTINI, K. **Polinização em área urbana: o estudo de caso de *Jacaranda mimosifolia* D. Don (*Bignoniaceae*).** *Bioikos*, v. 1, pág. 31-41, 2010.

ALVES, Péricles Vale *et al.* **Sazonalidade do índice ultravioleta na cidade de Humaitá-AM: contribuições para prevenção do câncer de pele.** 2020.

AMÂNCIO, Estêvão Augusto Maia. **Estudo fitoquímico de extratos etanólicos de espécies do gênero *Jacaranda* (*Bignoniaceae*) ocorridos no Estado de Minas Gerais e avaliação da atividade citotóxica.** 2019. 162f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Escola de Farmácia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

ANDREO, D.; JORGE, N. **Antioxidantes naturais: técnicas de remoção.** *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, v. 24, n. 2, pág. 319-336, 2006.

APARECIDA POVH, J.; MANZANO DOS SANTOS SOUZA, M. **Atividade antioxidante de *Schinus terebinthifolia* Raddi.** *Revista Sociedade Científica*, v. 1,

pág. 2792–2808, 2024. DOI: 10.61411/rsc202452517. Disponível em: <<https://journal.scientificsociety.net/index.php/sobre/article/view/525>>. Acesso em: 16 jan. 2025.

ARMSTRONG, BK; KRICKER, A. **A epidemiologia do câncer de pele induzido por UV.** *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 63, n. 1-3, p. 8-18, 2001.

BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. **Compostos fenólicos em plantas e subprodutos agroindustriais: atividade antioxidante, ocorrência e usos potenciais.** *Food Chemistry*, v. 99, n. 1, p. 191-203, 2006.

BALIGA, MS; KATIYAR, SK **Quimioprevenção do câncer por resveratrol: estudos *in vitro* e *in vivo* e os mecanismos subjacentes (revisão).** 23, pág. 17-28.

BALOGH, TS *et al.* **Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção.** *Anais Brasileiros de Dermatologia*, v. 4, pág. 732–742, jul. 2011.

BARBOSA, KBF *et al.* **Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios.** *Revista de Nutrição*, v. 4, pág. 629-643, 2010.

BARREIRO, EJ; FRAGA, CAM **Flavonoides: constituição química, ações medicinais e potencial tóxico.** *Revista Argentina de Ciências da Saúde*, v. 1, pág. 24-39, 2015.

BRESSAN, J. *et al.* **Estresse oxidativo: implicações para a saúde.** *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 4, pág. 629-643, 2010.

BURNS, J.; SCAFFIDI, A.; HARRIS, T. **Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos em alimentos.** *Journal of Nutritional Biochemistry*, Nova York, v. 22, n. 3, p. 123-130, 2011.

BERG, M. *et al.* **Desenvolvimento do sistema tegumentar em fetos.** *Histologia Básica*, p. 18-20, 1994.

BERNARDO, AFC; SANTOS, K.; PARREIRAS DA SILVA, D. **Pele: alterações anatômicas e fisiológicas do nascimento à maturidade.** *Revista Saúde em Foco*, 2019.

CAO, Y. *et al.* **Flavonoides como potenciais agentes terapêuticos contra danos celulares induzidos por estresse oxidativo.** *Antioxidants*, v. 3, n. 2, p. 415-429, 2014. DOI: 10.3390/antiox3020415.

CHEN, AC *et al.* **Ensaio randomizado de nicotinamida para quimioprevenção do câncer de pele.** *New England Journal of Medicine*, v. 1618-1626, 2015.

COSTA, EC **Identificação de compostos fenólicos e avaliação do potencial biológico de plantas do gênero *Jacaranda* (*Bignoniaceae*).** 2022.

COSTA, NMB *et al.* **Considerações sobre estresse oxidativo e suas consequências.** *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 4, pág. 629-643, 2010.

CROSBY, T.; FISH, R.; COLES, B.; MASON, MD **Tratamentos sistêmicos para melanoma cutâneo metastático.** *Cocara é Database Syst Rev*, 2000.

CUQUERELLA, MC *et al.* **Danos ao DNA fotossensibilizado com benzofenona.** *Acc Chem Res*, v. 1558-1570, 2012.

CURI, R. **Entendendo a gordura – os ácidos graxos.** 1.ed. São Paulo: Manole, 2002.

DANOVARO, R. *et al.* **Os protetores solares causam o branqueamento dos corais ao promover infecções virais.** *Perspectivas de Saúde Ambiental*, v. 116, p. 441-447, 2008.

D'Orazio, J. *et al.* **Radiação UV e câncer de pele.** *Nature Reviews Cancer*, v. 13, n. 6, p. 454-467, 2013.

DRAELOS, ZD **Assediadores cosméticos em idosos: Vigaristas da pele.** *Dermatologic Therapy*, v. 23, n. 4, p. 473-480, 2010.

DOWNS, CA *et al.* **Efeitos toxicopatológicos do filtro UV do protetor solar, oxibenzona (benzofenona-3), em plânulas de corais e células primárias cultivadas e sua contaminação ambiental no Havaí e nas Ilhas Virgens dos EUA.** *Arquivos de Contaminação Ambiental e Toxicologia*, v. 70, p. 265-288, 2016.

DUNAWAY, Spencer; ODIN, Rachel; ZHOU, Linli; JI, Liyuan; ZHANG, Yuhang; KADEKARO, Ana L. **Natural antioxidants: multiple mechanisms to protect skin from solar radiation.** *Frontiers in Pharmacology*, v. 9, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphar.2018.00392/full>.

FARIAS, K.S.; SANTOS, TSN; PAIVA, MRAB **Propriedades antioxidantes de espécies do cerrado brasileiro por diferentes ensaios.** *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v. 4, pág. 520–528, 2013.

FELIZARDO, MP; MERLO, GRF; MAIS, GD **Modelagem da cinética de secagem de sementes de *Jacaranda mimosifolia* com difusividade efetiva variável via modelo de difusão.** *Biosystems Engineering*, v. 205, p. 234-245, 2021.

FERREIRA, ALA; MATSUBARA, LS **Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo.** *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 1, pág. 61–68, janeiro. 1997.

FISCHER, E.; THEISEN, I.; LOHMANN, Lúcia Garcez. *Bignoniaceae*. In: **Plantas com Flores· Dicotiledôneas: Lamiales (exceto Acanthaceae incluindo Avicenniaceae)**. Berlim, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. p. 9-38.

FIGUEIREDO, LC *et al.* **Câncer de pele: estudo dos principais marcadores moleculares do melanoma cutâneo.** *Revista Brasileira de Cancerologia*, v. 3, pág. 179-183, 2003.

FLAMBÓ, DFALP **Atividades biológicas dos flavonoides: atividade antimicrobiana.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2013.

FRANCO, DP *et al.* **A importância das cumarinas para a química medicinal e o desenvolvimento de compostos bioativos nos últimos anos.** *Química Nova*, v. 2, pág. 180–197, 2021. DOI: 10.21577/0100-4042.20190085.

GENTRY, AH **Fenologia e diversidade de floração em *Bignoniaceae* tropicais.** *Biotropica*, v. 6, n. 1, p. 64-68, 1974.

GILMAN, EF; WATSON, DG ***Jacaranda mimosifolia*.** Gainesville: Departamento de Horticultura Ambiental, 1993.

GOMES, SM *et al.* **Efeito de diferentes doses de flavonóides.** *Revista de Nutrição*, v. 1, pág. 45–51, 2002.

GUARATINI, T. *et al.* **Fotoprotetores cáculos de produtos naturais: perspectivas de mercado e interações entre o setor produtivo e centros de pesquisa.** *Química Nova*, v. 32, pág. 717-721, 2009.

HALLIWELL, B.; WHITEMAN, M. **Medindo espécies reativas e danos oxidativos *in vivo* e em cultura de células: Como você deve fazer e o que os resultados significam?** *British Journal of Pharmacology*, v. 142, n. 2, p. 231-255, 2004.

HEIM, KE; TAGLIAFERRO, AR; BOBILYA, DJ **Antioxidantes flavonoides: química, metabolismo e relações estrutura-atividade.** *Journal of Nutritional Biochemistry*, v. 13, n. 10, p. 572-584, 2002. DOI: 10.1016/S0955-2863(02)00208-5.

HUANG, D. *et al.* **Geraniin protege células-tronco mesenquimais derivadas da medula óssea contra estresse oxidativo celular induzido por peróxido de hidrogênio *in vitro*.** *International Journal of Molecular Medicine*, v. 41, n. 2, p. 739–748, 2018.

HUSSAIN, MI; QAMAR ABBAS, S.; REIGOSA, MJ **Atividades e novas aplicações de cumarinas de metabólito secundário.** *Planta Daninha*, v. e018174040, 2018. DOI: 10.1590/S0100-40422007000200021.

IHA, SM *et al.* **Estudo fitoquímico da goiaba (*Psidium guajava* L.) com potencial antioxidante para o desenvolvimento de formulação fitocosmética.** *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 3, pág. 387–393, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil). **Câncer: tipos de câncer. Câncer de pele não melanoma.** Rio de Janeiro: INCA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tipos/pele-nao-melanoma>. Acesso em: 21 nov. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Estimativa 2020: incidência de câncer no Brasil.** Rio de Janeiro: INCA, 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios.** Rio de Janeiro: INCA, 2021. Disponível em: https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/ambiente_trabalh

o_e_cancer_-_aspectos_epidemiologicos_toxicologicos_e_regulatorios.pdf. Acesso em: 21 nov. 2023.

JARDINI, FA; MANCINI-FILHO, J. **Composição centesimal e perfil dos ácidos graxos da romã (*Punica granatum* L.) cultivada no Brasil.** *Olá. Alim*, v. 148, pág. 81-85, 2007.

JUNQUEIRA, LC; CARNEIRO, J. **Histologia Básica.** 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

KEDE, MPV; SABATOVICH, O. **Dermatologia estética.** 3.ed. São Paulo: Ateneu, 2004.

Kozina, LS *et al.* **O papel do estresse oxidativo no envelhecimento da pele.** *Adv Gerontol* , v. 25, n. 2, p. 217-222, 2012.

LEÃO, CRL **Aplicabilidade da radiofrequência no combate ao envelhecimento cutâneo, 2012.**

LEUTCHA, PB *et al.* **Flavonoides e outros constituintes de *Jacaranda mimosifolia*: Análise *in vitro*, acoplamento molecular e simulações de dinâmica molecular de atividades antioxidantes e anti-inflamatórias.** *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 176, p. 117768, 2024.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, MAV **Árvores exóticas do Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas.** São Paulo: Instituto Plantarium de Estudos da Flora, 2003.

MACHADO, RP. **Alterações da pele associadas ao envelhecimento.** *Revista Brasileira de Dermatologia*, v. 4, pág. 525-532, 2010.

MALIK, EM; MULLER, CE **Antraquinonas como ferramentas farmacológicas e medicamentos.** *Medicinal Research Reviews*, v. 36, n. 4, p. 705-748, 2016.

MARTENS, MC; SEEBODE, C.; EMMERT, S. **Fotocarcinogênese e estratégias de prevenção do câncer de pele: Uma atualização.** *Anticancer Research* , v. 38, n. 2, p. 1153-1158, fev. 2018. DOI: 10.21873/anticancer.12334.

MARTINS, MBG; CASTRO, AA; CAVALHEIRO, AJ **Caracterização anatômica e química de folhas de *Jacaranda puberula* (*Bignoniaceae*) presentes na Mata Atlântica.** *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 18, p. 600-607, 2008.

MATHEUS, LGM; KUREBAYASHI, AK **Fotoproteção: a radiação ultravioleta e sua influência na pele e nos cabelos.** 1 edição. São Paulo: Tecnopress, 2002.

MELLOU, F. *et al.* **Preparação biocatalítica de derivados acilados de glicosídeos flavonóides aumenta sua atividade antioxidante e antimicrobiana.** *Journal of Biotechnology*, v. 116, n. 3, p. 295-304, 2005.

MENDES, Rodrigo Roberto *et al.* **A eficácia da rutina em ensaios in vivo: uma revisão sistemática.** *Revista Brasileira de Farmácia Hospitalar e Serviços de Saúde*, v. 12, n. 2, p. 0571–0577, 2021. Disponível em: <https://www.rbfhss.org.br/sbrafh/article/view/571>.

MINIM, VPR *et al.* **A importância da dieta na modulação do estresse oxidativo.** *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 4, pág. 629-643, 2010.

MOSTAFA, NM; ELDAHSHAN, OA; SINGAB, ANB **O gênero *Jacaranda* (*Bignoniaceae*): uma revisão atualizada.** *Pharmacognosy Communications*, v. 4, n. 3, p. 31-39, 2014.

NAZ, R. *et al.* **Análise de GC-MS, atividades antimicrobiana, antioxidante, antilipoxigenase e citotóxica de extratos e frações de folhas de *Jacaranda mimosifolia* em metanol.** *PLoS One*, v. 15, n. 7, e0236319, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0236319.

NEWMAN, DJ; CRAGG, GM; SNADER, KM **A influência de produtos naturais na descoberta de medicamentos.** *Natural Products Reports*, v. 20, n. 2, p. 135-149, 2003.

NG, CY; YEN, H.; HSIAO, HY; SU, SC **Fitoquímicos na prevenção e tratamento do câncer de pele: uma revisão atualizada.** *International Journal of Molecular Sciences*, v. 19, n. 4, p. 941, 2018.

NICHOLS, JA; KATIYAR, SK **Fotoproteção da pele por polifenóis naturais: mecanismos anti-inflamatórios, antioxidantes e de reparo do DNA.** *Archives of Dermatological Research*, v. 302, n. 2, p. 71-83, mar. 2010. DOI: 10.1007/s00403-009-1001-3.

NOURY, K. **Câncer de pele.** 1. ed. McGraw Hill, Austrália, 2007.

O ABETO. **Cultivando Jacarandá Mimosifolia: Como plantar e cuidar dos jacarandás.** Disponível em: <https://www.thespruce.com/growing-jacaranda-mimosifolia-3269356>. Acesso em: 18 mar. 2025.

OLIVEIRA, CMB DE *et al.* **Citocinas e dor.** *Revista Brasileira de Anestesiologia*, v. 61, n. 2, pág. 260–265, março. 2011.

OLIVEIRA, FC; SANTOS, Flórida; PEREIRA, LM **Avaliação do uso de flavonoides no tratamento da inflamação.** *Revista Cubana de Farmácia*, v. 3, pág. 189-205, 2015.

OLIVEIRA, JR *et al.* **Caracterização de sementes, plântulas e crescimento inicial de *Jacaranda mimosifolia* D. Don. (Bignoniáceas).** *Revista Árvore*, v. 4, e420403, 2018.

PAGNOTTA, G.; CRESCENZI, A.; LAVAGNA, E. **Influência de antioxidantes na pele e nas mucosas: Uma visão geral.** *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, v. 26, n. 3, p. 187-192, 2023.

PAULETTO, G. *et al.* **Novas alternativas terapêuticas para prevenção do câncer labial com produtos à base de extratos naturais com potencial fotoprotetor: uma revisão da literatura.** *Revista da Faculdade de Odontologia-UPF*, v. 3, 2017.

PELLEGRINI, N. *et al.* **Atividade antioxidante aplicando um ensaio de descoloração de cátion radical ABTS melhorado.** *Free Radical Biology and Medicine*, v. 26, n. 9-10, p. 1231–1237, 1999.

PEREIRA, TJ *et al.* **Impacto das alterações na pele com o envelhecimento.** *Revista de Dermatologia*, v. 3, pág. 275-281, 2012.

PEREZ, LL; BASHLINE, B. **Câncer de pele: prevenção.** *FP Essentials*, n. 481, p. 28-31, jun. 2019.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J. *et al.* **Evidências científicas dos benefícios dos flavonoides para a saúde.** *Food Chemistry*, v. 124, n. 4, p. 1468-1478, 2010. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.06.017.

PIMENTEL, RS *et al.* **Efeitos de flavonoides na resposta ao estresse oxidativo.** *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 2013.

PITZ, HS *et al.* **Avaliação *in vitro* da atividade antioxidante e das propriedades de cicatrização de feridas do extrato hidroalcoólico da casca do fruto de jaboticaba (*Plinia peruviana*).** *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016. DOI: 10.1155/2016/3403586.

POLONINI, HC; RAPOSO, NRB; BRANDÃO, MAF **Fotoprotetores naturais como instrumento de ação primária na prevenção do câncer de pele.** *Revista de Atenção Primária à Saúde*, v. 2, 2011.

RE, R. *et al.* **Atividade antioxidante aplicando um ensaio de descoloração de cátion radical ABTS melhorado.** *Free Radical Biology and Medicine*, v. 26, n. 9-10, p. 1231–1237, 1999.

REIS, JS *et al.* **Síntese e avaliações fotoprotetoras, antioxidantes, clareadoras e de estabilidade térmica de hidrazonas derivadas de produtos naturais úteis na prevenção do câncer de pele.** *Inovação Cosmética*, 2016.

RIBEIRO, A. **Efeitos da radiação ultravioleta na pele.** *Revista Saúde em Foco*, edição nº 11, 2019.

RIBEIRO, EDAP **Metabolismo da vitamina B3 e suas conclusões e aplicações terapêuticas.** 2019. Tese de Doutorado.

RODRIGUES, HG *et al.* **Suplementação nutricional com antioxidantes naturais: efeito da rutina na concentração de colesterol-HDL.** *Revista de Nutrição*, v. 3, pág. 315–320, 2003.

ROCHA, JM **Pele na infância: características e cuidados.** *Acta Pediátrica Portuguesa*, v. 2, pág. 150-155, 2004.

ROCHA, MT; NICLOSSI, JL; SANTOS, LD **Produtos naturais: uma fonte de novos medicamentos.** *Revista Fitos*, v. 2, pág. 27-35, 2007.

SANCHEZ, APG **Imunopatogênese da psoríase.** *Anais Brasileiros de Dermatologia*, v. 5, pág. 747–749, conjunto. 2010.

SANT'ANA, LS **Mecanismos de proteção oxidativa na utilização de antioxidantes *in vivo* em músculos animais.** *Cadernos de Nutrição*, v. 10, p. 48-63, 1995.

SALES, PP **Caracterização fitoquímica, isolamento, atividade antioxidante e citogenotóxica do extrato etanólico e frações de folhas de *Heliotropium elongatum* (Lehm) IM Johnst.** 2024.

SHARIFI, R. *et al.* **O efeito da silimarina (*Silybum marianum*) em fibroblastos de pele humana em um modelo de cicatrização de feridas *in vitro*.** *Pharmaceutical Biology*, v. 51, n. 3, p. 298-303, 2012.

SILVA, André L. Araújo; SOUSA, Katya R. Ferreira; SILVA, Aline F.; FERNANDES, Amanda B.; MATIAS, Vanessa L.; COLARES, Aracelio V. **A importância do uso de protetores solares na prevenção do fotoenvelhecimento e câncer de pele.** *Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia*, v. 2, n. 7, 2014.

SELVARAJ, K.; CHOWDHURY, R.; BHATTACHARJEE, C. **Isolamento e elucidação estrutural de flavonoides da samambaia aquática *Azolla microphylla* e avaliação da atividade de eliminação de radicais livres.** *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, v. 5, n. 3, p. 743-749, 2013.

SHARIFI, R. *et al.* **O efeito da silimarina (*Silybum marianum*) em fibroblastos de pele humana em um modelo de cicatrização de feridas *in vitro* .** *Pharmaceutical Biology* , v. 51, n. 3, p. 298-303, 2012.

SHASHANK, K.; ABHAY, K. **Artigo de revisão química e atividades biológicas de flavonoides: uma visão geral.** *Scientific World Journal*, v. 4, n. 2, p. 32-48, 2013.

SIMÕES, CMO *et al.* **Investigações farmacológicas sobre *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC., compositae.** *Journal of Ethnopharmacology*, v. 22, n. 3, p. 281-293, 1988.

SIRAICHI, JT *et al.* **Atividade fotoprotetora ultravioleta (UVB e UVA) e penetração percutânea de extratos obtidos de *Arrabidaea chica*.** *Applied Spectroscopy* , v. 67, n. 10, p. 1179-1184, 2013.

SKEHAN, P. *et al.* **Novo ensaio de citotoxicidade colorimétrica para triagem de medicamentos anticâncer.** *Citotoxicidade*, v. 82, n. 13, p. 1107–1112, 1990.

SOUSA, CMM *et al.* **Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais.** *Química Nova*, v. 2, pág. 351-355, 2007. DOI: 10.1590/S0100-40422007000200021.

SUNDER, S. **Produtos tópicos relevantes para cuidados com a pele para prevenção e tratamento do envelhecimento da pele.** *Clínicas de cirurgia plástica facial da América do Norte*, v. 27, n. 3, p. 413-418, 2019.

TAVARES, AM **Produtos naturais em fase avançada de testes clínicos no tratamento contra o câncer.** *Revista Fitos*, v. 2, pág. 35, 2007.

THEROND, PT *et al.* **Biomarcadores de estresse oxidativo: uma abordagem analítica.** *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, v. 3, p. 373-384, 2000.

WANG, SQ; DUNSTON, S. **Epidemiologia do câncer de pele.** *Dermatologic Clinics*, v. 36, n. 4, p. 391-397, 2018.

WAWERU, WR; WAMBUGU, FK; MBABAZI, R. **Bioatividade de folhas de *Jacaranda mimosifolia* e *Bougainvillea spectabilis* contra *Acanthoscelides obtectus*.** *Revista de Estudos de Entomologia e Zoologia*, v. 5, p. 110–112, 2017.

YOO, SK *et al.* **Efeitos antioxidantes da rutina.** *Food Chemistry*, 2014.

ZINK, Beatrix Sabóia. **Câncer de pele: a importância do seu diagnóstico, tratamento e prevenção.** *Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto*, v. 13, 2014.