

***Murraya koenigii*: Uma planta com potencial biotecnológico***Murraya koenigii*: A plant with high biotechnological potential

Vanessa Correia Mota Tobias<sup>1</sup>, Maria do Socorro Mascarenhas<sup>2</sup>, Victor Gomes Tobias<sup>3</sup>, Margareth Batistote<sup>4</sup>, Marcelo Fossa da Paz<sup>5</sup>

**RESUMO**

O uso de compostos naturais vem sendo uma alternativa promissora para controlar microrganismos contaminantes da fermentação, como os biocidas naturais. Este estudo apresenta o potencial da *Murraya koenigii* para aplicação em processos biotecnológicos. Foi analisado a produção científica relacionada à planta em bases de dados bibliográficas. A maioria dos estudos se concentra na área da biotecnologia, com foco na atividade antimicrobiana da planta, sugerindo um maior teor de compostos bioativos nas folhas. A *M. koenigii* é uma planta medicinal importante com múltiplas aplicabilidades e benefícios para a saúde e outros processos biotecnológicos, mostrando-se promissora para o desenvolvimento de antibióticos naturais.

**Palavras- chaves:** Processo de fermentação. Atividade antimicrobiana. Compostos naturais. Biocidas.

**ABSTRACT**

The use of natural compounds has been a promising alternative to control contaminating microorganisms in fermentation, such as natural biocides. This study presents the potential of *Murraya koenigii* for application in biotechnological processes. The scientific production related to the plant in bibliographic databases was analyzed. Most studies focus on the area of biotechnology, focusing on the antimicrobial activity of the plant, suggesting a higher content of bioactive compounds in the leaves. *M. koenigii* is an important medicinal plant with multiple applicability and benefits for health and other biotechnological processes, being a promising candidate for the development of natural antibiotics.

**Keywords:** Fermentation process. Antimicrobial activity. Natural compounds. Biocides.

<sup>1</sup> Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais/PGRN, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/ UEMS.

E-mail: vanessacorreiamota@gmail.com  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-8682-1658>

<sup>2</sup> Doutora em Recursos Naturais, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/ UEMS.

E-mail: maria\_mascarenhas@outlook.com  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5343-4502>

<sup>3</sup> Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais/PGRN, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/ UEMS.

E-mail: victortobias2008@hotmail.com  
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-3310-4216>

<sup>4</sup> Docente Sênior no Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais/PGRN, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul/ UEMS.

E-mail: margarethbatistote@gmail.com  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9865-2362>

<sup>5</sup> Docente no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental Universidade Federal da Grande Dourados/ UFGD

E-mail: marcelopaz@ufgd.edu.br  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5176-2895>

## 1. INTRODUÇÃO

A fermentação é um processo bioquímico antigo, amplamente utilizado para a produção de alimentos, bebidas e biocombustíveis como o etanol. Este processo é conduzido por meio do metabolismo funcional de leveduras e bactérias, as quais realizam um processo de biocatálise dos açúcares fermentescíveis disponíveis nos substratos (SHARMA et al., 2022). Embora as reações da fermentação sejam semelhantes há diferentes tipos de fermentações tais como a alcoólica que utiliza leveduras para a produção de cervejas, vinhos e etanol; a láctica com bactérias na produção de iogurtes e queijos; a acética, na qual bactérias oxidam o álcool em ácido acético no processo de produção de vinagre (DE VUYST; LEROY, 2020).

Os processos de fermentação possuem interferências de fatores que delimitam o processo e a qualidade do produto, assim parâmetros como temperatura, pH, concentração de açúcar e a presença de oxigênio são monitorados ao longo do processo industrial (VASILESCU et al., 2019). Um bom exemplo está na produção de etanol brasileira de utiliza a cana-de-açúcar como matéria-prima. Trata-se de um processo industrial que está em constante evolução, com o desenvolvimento de tecnologias para garantir produtividade e sustentabilidade ao setor.

Esta evolução pode ser observada em todas as etapas do processo, sendo os principais em relação a matéria-prima, com o desenvolvimento de variedades de cana mais responsivas com teores de açúcares fermentescíveis mais elevados, a fermentação com a seleção de leveduras mais adaptadas às condições industriais, ao processo com incorporação de métodos e equipamentos mais precisos resultando em números mais expressivos da produtividade de etanol (ELIODÓRIO et al., 2019). Todavia, ainda existem alguns desafios dentro dos processos industriais. Como a contaminação microbiana por bactérias, que pode gerar grandes perdas. Tendo em vista que o meio fermentativo e a sua composição em açúcares e nutrientes são propícios a contaminação.

Durante a produção de etanol por fermentação com leveduras, o substrato utilizado não é estéril, o que cria um ambiente propício para o crescimento de bactérias contaminantes. Essas bactérias produzem metabólitos que podem interferir no processo fermentativo, o que pode levar a paradas e perda de eficiência do processo (LOPES et al., 2016). Entre as principais causas de interrupção e perda de eficiência do processo de fermentação está a contaminação por bactérias, que podem afetar o desenvolvimento das

leveduras, resultando em perda de viabilidade ou alterações na capacidade metabólica das mesmas (CECCATO-ANTONINI, 2022).

Para minimizar este problema são empregados antibióticos e agentes inibitórios não biológicos (LIU; ZHENG; ZHANG, 2020). Contudo, são necessários compostos que não inviabilizem o metabolismo das leveduras. A forma mais usual utilizada nas usinas para conter a contaminação é o uso de antibióticos, que são compostos orgânicos, naturais ou sintéticos, que inibem ou causam a morte de microrganismos específicos apresentando seletividade quanto aos alvos. As usinas utilizam antibióticos específicos que são aplicados na forma de mistura, mix, para ampliar o espectro de ação e conter a contaminação (UDDIN et al., 2021; VERMA et al., 2022).

No ambiente da fermentação podem ser encontradas bactérias e leveduras selvagens, que se proliferam nas diferentes etapas do processo e dependendo da concentração de células a contaminação pode ser classificada como crônica que reduz o açúcar disponível para conversão em etanol e os micronutrientes essenciais necessários para o crescimento ideal da levedura. Estas condições resultam em uma menor produção de etanol ou agudas que resulta no acúmulo de compostos bacterianos tóxicos, os quais inibem o crescimento das leveduras e até paradas no processo dependendo do nível de contaminação (CARVALHO-NETTO et al., 2015; RICH et al, 2018).

Outro problema é a especificidade dos antibióticos em relação aos microrganismos alvos, pois o uso destes compostos de forma sistêmica para o controle da contaminação em indústrias pode induzir à seleção de microrganismos tornando-os mais resistentes (IWU; KORSTEN; OKOH, 2020). Com isso o uso de compostos naturais vem despontando como alternativa aos antibióticos sintéticos, como os biocidas naturais que já estão sendo empregados com sucesso no controle de microrganismos contaminantes da fermentação. Um exemplo está na aplicação de lúpulo em processos de fermentação para a produção de cervejas (KOPEĆ et al., 2021).

De acordo com Maia et al. (2019), o extrato de lúpulo tem sido testado para o controle da contaminação bacteriana na fermentação de etanol. Esta planta não possui ação tóxica para as leveduras, contudo apresenta atividade antibacteriana frente as bactérias Gram-positivas. No entanto outras plantas podem ser utilizadas para minimizar ou conter a contaminação por bactérias. Segundo Seo et al. (2020), as plantas possuem compostos bioativos funcionais que possuem atividades antibacterianas e podem ser empregados em processos distintos como na produção de fermentados alimentícios e etanol combustível.

Neste sentido, a utilização de extrato de plantas é uma alternativa promissora, principalmente para processos industriais, os quais fazem uso de grandes quantidades de antibióticos. Assim, o estudo de extrato de plantas que apresentam atividade de inibição frente à bactérias que podem estar nestes processos são relevantes, pois podem trazer ganhos tanto econômicos quanto ambientais, como a *M. koenigii* pertence à família *Rutaceae*. Trata-se de uma árvore de pequeno porte conhecida como curry, que possui diversos usos medicinais tradicionais (ABUGA et al., 2020; SANDAMALI et al., 2020). É uma planta aromática com um sabor cítrico único. Amplamente utilizada como erva culinária, apresentando-se versátil devido à presença de poderosos bioativos (SIVAKAMI; RENUKA DEVI; RENUKA, 2022).

Plantas como a *Murraya koenigii* (L) Spreng, que apresenta um amplo espectro de propriedades bioativas (BALAKRISHNAN et al., 2020). Esta planta possui vasta atividade biológica que são atribuídas aos seus fitoconstituintes ativos, como flavonóides, terpenos, fenólicos, carboidratos, carotenóides, vitaminas e outros, que são encontrados nas diferentes partes da planta (MALODE et al., 2021). As atividades biológicas desta planta estão diretamente relacionadas ao seu conteúdo em fitoquímicos, sendo uma das principais a ação antibacteriana (BALAKRISHNAN et al. 2020). A atividade antibacteriana do extrato das folhas de *M. koenigii* foi relatada nos estudos de Joshi et al. (2018) e Abeysinghe et al. (2021), frente a diferentes bactérias. Estes autores também inferem que o potencial antibacteriano desta planta resulta da presença de compostos bioativos.

Além disso, a utilização de antibióticos no controle microbiológico, dependendo do processo de fermentação, possui custo elevado enquanto o controle por meio de biocidas naturais pode apresentar custos considerados baixos e trazer benefícios ambientais, já que dispensaria o uso de antibióticos que deixam resíduos e podem contribuir para a escalada das bactérias multirresistentes. Outra vantagem está no tempo de vida destes compostos no meio ambiente, pois como se trata de um composto biológico a sua degradação pode ocorrer em menos tempo. Neste sentido o estudo visa apresentar o potencial da *M. koenigii* para aplicação em processos biotecnológicos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. A natureza da pesquisa

Para este estudo foi utilizada a pesquisa em bases de dados bibliográficas para analisar a produção científica relacionada ao uso de extratos de plantas em diferentes processos. Inicialmente, foi realizado um levantamento preliminar do tema, seguido de uma

pesquisa exploratória quantitativa e descritiva. O método utilizado para analisar a produção científica foi o cienciométrico.

De acordo com Parra; Coutinho e Pessano (2019), essa metodologia permite a obtenção de indicadores, que oferecem suporte para a construção do conhecimento através da exploração e compilação de dados, fazendo uso de técnicas quantitativas e estatísticas para visualizar o estado da arte de um determinado tema ou área de conhecimento por meio da produção científica.

Segundo Brito Steckelberg et al. (2022), a cienciométrica fornece insights sobre o desenvolvimento e a evolução de um campo de pesquisa específico, bem como identifica padrões de colaboração e impacto. Esta técnica pode ser utilizada em várias áreas de pesquisa, sendo neste contexto interdisciplinar.

## 2.2. A coleta de dados

Para a coleta de dados, foi realizado um levantamento nas bases de dados Pubmed e Science Direct, utilizando como termo "*Murraya koenigii*". A pesquisa preliminar retornou um grande número de artigos, neste sentido foram adotados critérios de inclusão para delimitar os artigos mais relevantes para este estudo.

Critérios de inclusão:

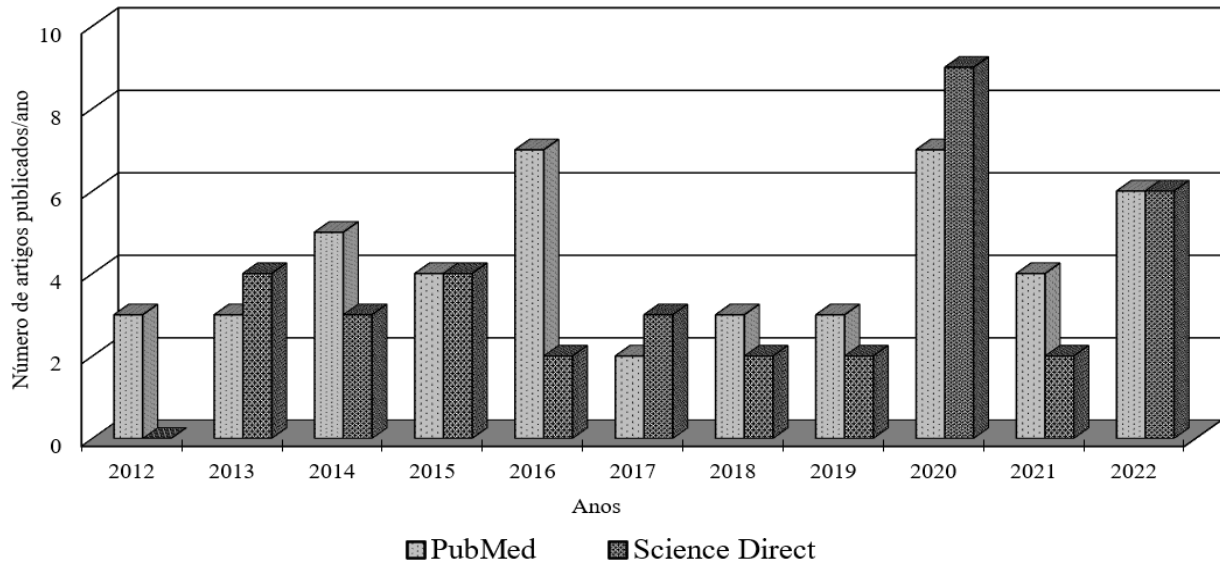
- a) Nome da planta no título do artigo;
- b) Recorte temporal (2012 a 2022)
- c) Artigo de pesquisa;
- d) Artigos de acesso aberto.

A pesquisa inicial com o termo *Murraya koenigii* retornou para o PubMed um total de 99 artigos e para o Science Direct 481. Restringindo as buscas a partir dos critérios de inclusão adotados, ocorreu a redução do número de artigos o que viabilizou a triagem. Os artigos foram analisados e os dados compilados com o auxílio do software Excel 2019® de acordo com a estrutura desta pesquisa.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento mostrou uma variação no número de artigos publicados nos últimos dez anos relacionados com a planta *M. koenigii*, com destaque para o ano de 2020 nas bases de dados analisadas (Figura1).

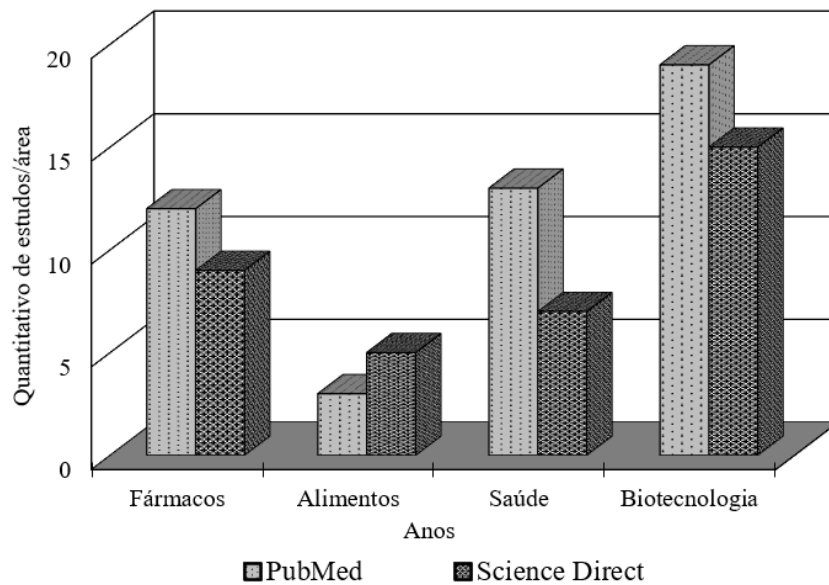
**Figura 1.** Distribuição dos artigos publicados no PubMed e Science Direct no período de 2012 a 2022 utilizando a planta *Murraya koenigii*



**Fonte:** Dados da pesquisa. Elaborada pelos autores.

Os artigos apresentam distintas aplicações para a *M. koenigii*, demonstrando o alto potencial desta planta. Os dados mostram que grande parte dos estudos estão relacionados com as áreas da biotecnologia e da saúde, sendo as principais investigações a respeito da atividade antimicrobiana desta planta (Figura 2).

**Figura 2.** Diferentes áreas de aplicação da *Murraya koenigii* entre os anos de 2012 à 2022.



**Fonte:** Dados da pesquisa. Elaborada pelos autores

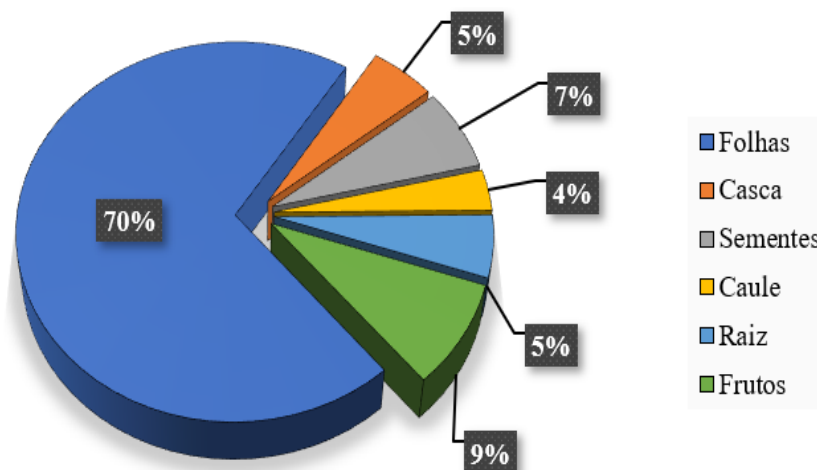


Os estudos desenvolvidos com a *M. koenigii* auxiliam para direcionar as pesquisas em relação a sua utilização. Vários destes estudos trazem a composição em fitoquímicos da planta e do seu potencial terapêutico. As atividades farmacológicas dos seus compostos foram analisadas por meio de estudos *in vitro* e *in vivo* combinados utilizando diferentes modelos biológicos (GUTIÉRREZ-GARCÍA et al., 2021). A ampla utilização das folhas desta planta nos estudos se justifica pela presença de fitoquímicos importantes, os quais podem ser utilizados como chás ou na como condimento para uso na culinária (TAN; SHARMA; AN, 2022).

As diferentes partes das plantas são estudadas devido à presença de inúmeros compostos bioativos em sua matriz biológica, os quais podem ser extraídos utilizando diversas metodologias. A *M. koenigii* teve suas folhas exploradas em maior proporção (70%), sugerindo que esta parte da planta apresenta um maior teor de compostos bioativos, porém outras partes apresentam grande potencial a ser explorado (Figura 3).

As folhas apresentam uma diversidade maior em constituintes bioativos, diferindo também na concentração (ABEYSINGHE et al., 2021). De acordo com Amna et al. (2019), as folhas desta planta possuem propriedades benéficas a saúde. Estudos demonstram que esta planta possui cerca de cerca de 88 alcaloides diferentes, além de vários outros metabólitos importantes, como terpenoides, óleos fenólicos e essenciais (SAMANTA et al., 2018).

**Figura 3.** Partes da planta utilizada.



**Fonte:** Dados da pesquisa. Elaborada pelos autores

Esta planta contém fitoquímicos, como carbazol, alcaloides, terpenoides e óleos voláteis além de outros nutrientes (ELAMIN; INDUMATHI; KUMAR, 2022). As folhas são ricas em bioativos, incluindo alcaloides monoméricos e diméricos, além disso, diferentes partes da planta, como raiz, casca e folhas, têm valores medicinais e são usadas no antigo sistema medicinal como estimulante eficaz para doenças estomacais e carminativo (VITERITTI et al., 2022).

Estudos realizados por Selvan et al. (2022), sobre a composição fitoquímica da *M. koenigii* revelou que o extrato aquoso das folhas contém altas quantidades de flavonoides, alcaloides e taninos com baixos níveis de saponinas e carotenoides. Os flavonoides e os alcaloides são moléculas importantes em plantas, conhecidas por suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas.

Devido à presença de metabólitos bioativos, as plantas possuem um vasto potencial para o desenvolvimento de produtos utilizados que podem ser empregados em diversas áreas e processos. Entre elas, a *M. koenigii*, que tem sido alvo de estudos nas últimas décadas devido à sua composição rica em fitoquímicos ativos. As folhas e frutos desta planta contêm inúmeros compostos com atividades promissoras como antimicrobiana, antioxidante, analgésica e anti-inflamatória, apresentando assim um custo mais acessível para a produção de medicamentos e outros produtos. Além disso, a semente e a casca da planta também contêm inúmeros compostos com potencial para serem explorados em pesquisas futuras (Tabela 1).

Estudos relatam que o extrato da planta *M. koenigii* apresentam atividade antimicrobiana, frente aos microrganismos, *Aspergillus niger*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris* e *Candida albicans* (NISHIYAMA et al., 2022; PATIL et al., 2022).

Os compostos fenólicos possuem propriedades redox que resultam em seu comportamento antioxidante. Seu grupo hidroxila facilita sua propriedade de eliminação de radicais livres (OLSZOWY, 2019).

Os óleos essenciais em geral possuem propriedades antimicrobianas pela capacidade de degradar as proteínas da membrana e aumentar a permeabilidade celular atuando, inclusive, em sinergismo com outros compostos (ISEPPI et al., 2021). Segundo Tripathi et al. (2018) a *M. koenigii* possui 43 óleos essenciais, o que a torna potencialmente interessante para o uso em controle microbiano.



**Tabela 1.** Composição de compostos bioativos presentes *M. koenigii* nas diversas partes da planta.

Partes da planta	Compostos bioativos	Utilização	Referência
<b>Folhas e Frutos</b>	Murrayone	<b>Antimicrobiano</b> <sup>1</sup>	<sup>1</sup> Elamin; Indumathi; Kumar
	maanimbicina		
	Biciclomahanimbicina	<b>Antioxidante</b> <sup>2</sup>	(2022)
	Koenigicina		
	Murrayazolidina	<b>Analgésico</b> <sup>3</sup>	<sup>2</sup> Abeyasinghe et al. (2021);
Girinimbina			
		<b>Anti-inflamatório</b> <sup>4</sup>	<sup>3,4,7</sup> Samanta et al. (2018)
<b>Sementes e Casca</b>	2-Metoxi-3-metil-carbazol	<b>Antitumoral</b> <sup>5</sup>	<sup>5</sup> Mondal et al (2022)
	Koenina	<b>Antidiabético</b> <sup>6</sup>	<sup>6</sup> Patel et al. (2016)
	Mahanina		
	Murrayanina	<b>Antidiarreico</b> <sup>7</sup> ,	<sup>6</sup> Selvan et al (2022)
	Girinimbina		
	Koenolina		

**Fonte:** Dados da pesquisa. Elaborada pelos autores.

Já os alcaloides são metabólitos secundários nitrogenados amplamente distribuídos no reino vegetal e conhecidos por sua diversidade estrutural e ampla gama de atividades biológicas. Essas moléculas caracterizam-se por conterem um ou mais átomos de nitrogênio em sua estrutura, geralmente integrados a um anel heterocíclico, o que lhes confere alta reatividade e potencial farmacológico (RAJPUT; SHARMA; BHARTI, 2022). Os alcaloides desempenham um papel crucial na defesa das plantas contra patógenos e predadores, sendo frequentemente associados à atividade antimicrobiana, antifúngica, antiparasitária e analgésica, entre outras.

Dentre os diversos tipos de alcaloides, os alcaloides de carbazol têm despertado atenção significativa na pesquisa biomédica por apresentarem notáveis propriedades biológicas. Encontrados em espécies vegetais como a *Murraya koenigii* (conhecida popularmente como "folha de curry"), esses compostos vêm sendo investigados por seu potencial de inibição contra bactérias resistentes a múltiplas drogas. Estudos demonstram que os alcaloides de carbazol presentes na *M. koenigii* exibem potente ação antimicrobiana, sugerindo seu uso como candidatos promissores ao desenvolvimento de antibióticos naturais (SATYAVARAPU; SINHA; MANDAL, 2020).

A atividade antibacteriana dos extratos da planta *M. koenigii* tem ganhado destaque nas últimas décadas, impulsionando o desenvolvimento de diversas pesquisas voltadas à identificação e aplicação de seus compostos bioativos. Um dos principais focos tem sido a investigação do extrato da casca do caule, rico em alcaloides de carbazol e derivados de

benzoisofuranona, que demonstram ação antimicrobiana significativa frente a diferentes microrganismos patogênicos (CHAUHAN et al., 2022). Esses compostos pertencem à classe dos metabólitos secundários vegetais com reconhecida ação biológica, o que amplia o interesse em sua caracterização e aplicação prática.

Além disso, estudos recentes destacam o potencial do extrato de folhas de *M. koenigii* como agente bioativo em embalagens alimentícias. De acordo com Nazurah et al. (2022), esse extrato foi incorporado a filmes poliméricos com a finalidade de desenvolver embalagens com propriedades antimicrobianas. Os resultados foram promissores, revelando não apenas a inibição do crescimento de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, mas também apontando para o potencial inovador dessa aplicação na indústria alimentícia, especialmente no controle de contaminações microbianas e na extensão da vida útil dos alimentos.

Complementarmente, a utilização de *M. koenigii* em formulações nanotecnológicas tem sido objeto de crescente interesse. Estudos demonstram que a associação de seus fitoquímicos a óxidos metálicos, como nanopartículas de prata ou óxido de zinco, pode potencializar a atividade antimicrobiana desses materiais. Elumalai et al. (2015) relataram que a combinação entre os metabólitos vegetais e compostos metálicos contribui para um efeito sinérgico, promovendo uma barreira mais eficaz contra microrganismos resistentes. Essa abordagem representa um avanço no desenvolvimento de alternativas aos antibióticos convencionais, especialmente frente ao cenário global de resistência bacteriana.

A toxicidade que alguns óxidos metálicos inorgânicos apresentam estão explorados nos estudos Pantawane et al. (2020), utilizaram sulfato de cobre e extrato das folhas de *M. koenigii* para formular as nanopartículas e avaliaram a sua eficiência frente aos microrganismos *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumonia*, *Enterococcus Faecalis* e *Staphylococcus aureus*. Os resultados demonstraram que houve uma eficiente resposta de inibição frente ao *E. faecalis* e *K. pneumonia*. Já Chahande et al. (2020), utilizou nitrato de prata e extrato de *M koenigii* na formulação de nanopartículas, as quais foram aplicadas em *E. coli*, *E. faecalis*, *P. aeruginosa* e cepa fúngica *Candida albicans* em diferentes concentrações. Os resultados obtidos foram promissores, pois mostrou que as nanopartículas dopadas com extrato da planta apresentaram eficácia inibitória contra *C. albicans*.

Nos processos biotecnológicos, principalmente o fermentativo o mosto apresenta inúmeras contaminantes inclusive, *Bacillus* e *Lactobacillus*, *Leuconostoc* e *Streptococcus*

entre outros. Possivelmente o extrato desta planta ou partes dela, podem apresentar atividade antimicrobiana frente a estes microrganismos. Estudos voltados a esta aplicabilidade são importantes, uma vez que se trata de compostos de origem natural e que pode resultar em menor impacto ambiental. A técnica de síntese verde possui alto potencial para aplicação e como apresentado pode ser empregado em diferentes processos nas mais diferentes áreas e em processos mais robustos como o processo de fermentação.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A *Murraya koenigii* é uma planta medicinal de grande importância, composta por diversos bioativos, com diversas aplicabilidades principalmente para a saúde, e benefícios como para outras áreas e processos biotecnológicos.

Os fitoquímicos ativos presentes nas folhas da *M. koenigii*, estão os flavonoides, alcaloides e taninos, que possuem propriedades antimicrobianas e antioxidantes, compostos promissores para o desenvolvimento de antibióticos naturais.

#### AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD); A Universidade Estadual de Mato Grosso Do Sul (UEMS); Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT); Financiadora de Inovação e Pesquisas (FINEP); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

#### REFERÊNCIAS

ABEYSINGHE, Thelma. et al. Phytochemical screening, total polyphenol, flavonoid content, in vitro antioxidant and antibacterial activities of Sri Lankan varieties of *Murraya koenigii* and *Micromelum minutum* leaves. **Heliyon**, v. 7, p. 07449, 2021.

ABUGA, Ibrahim et al. Efeito antibacteriano in vitro do extrato da folha de *Murraya koenigii* na destruição da membrana celular contra bactérias patogênicas e identificação de compostos fenólicos. **European Journal of Integrative Medicine**, v. 33, p. 101010, 2020.

BALAKRISHNAN, Rengasamy et al. Medicinal profile, phytochemistry, and pharmacological activities of *Murraya koenigii* and its primary bioactive compounds. **Antioxidants**, v. 9, p. 101, 2020.

CARVALHO-NETTO, Osmar V. et al. *Saccharomyces cerevisiae* transcriptional reprogramming due to bacterial contamination during industrial scale bioethanol production. **Microbial cell factories**, v. 14, p. 1-13, 2015.

CECCATO-ANTONINI, Sandra Regina. Ethanol fermentation in Brazil: Characteristics and Peculiarities. In: *Microbiology of Ethanol Fermentation in Sugarcane Biofuels: Fundamentals, Advances, and Perspectives*. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 1-20.

CHAHANDE, R. K. et al. Bio-inspired synthesis of silver nanoparticles assisted *Murraya koenigii* leaf extract and its antimicrobial activity. **Materials Today: Proceedings**, v. 29, p. 923-928, 2020.

CHAUHAN, Chetna C. et al. Investigation of structural, optical, magnetic, and dielectric properties of calcium hexaferrite synthesized in presence of *Azadirachta indica* and *Murraya koenigii* leaves extract. **Ceramics International**, v. 48, p. 20134-20145, 2022.

DE BRITO STECKELBERG, Rosa Maria et al. Scientometric analysis of scientific production on the genus *Campomanesia* Ruiz & Pav. (Myrtaceae) and most studied species-research trends involving native Brazilian plants. **Research, Society and Development**, v. 11, p. e19111124639-e19111124639, 2022.

DE VUYST, Luc; LEROY, Frederic. Functional role of yeasts, lactic acid bacteria and acetic acid bacteria in cocoa fermentation processes. **FEMS microbiology Reviews**, v. 44, p. 432-453, 2020.

ELAMIN, Nuha Y.; INDUMATHI, T.; KUMAR, E. Ranjith. *Murraya koenigii* mediated synthesis of cobalt doped NiO nanoparticles: Evaluation of structural, optical properties and anti-bacterial activity. **Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures**, v. 142, p. 115295, 2022.

ELIODÓRIO, Kevy P. et al. Advances in yeast alcoholic fermentations for the production of bioethanol, beer and wine. **Advances in applied microbiology**, v. 109, p. 61-119, 2019.

ELUMALAI, K. et al. Bio-fabrication of zinc oxide nanoparticles using leaf extract of curry leaf (*Murraya koenigii*) and its antimicrobial activities. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 34, p. 365-372, 2015.

GUTIÉRREZ-GARCÍA, Claudia et al. Identification of microRNAs from medicinal plant *Murraya koenigii* by high-throughput sequencing and their functional implications in secondary metabolite biosynthesis. **Plants**, v. 11, p. 46, 2021.

ISEPPI, Ramona et al. Essential Oils: A Natural Weapon against Antibiotic-Resistant Bacteria Responsible for Nosocomial Infections. **Antibiotics (Basel)**, v.10, n.4, p. 417-430, 2021.

IWU, Chidozie D.; KORSTEN, Lise; OKOH, Anthony I. The incidence of antibiotic resistance within and beyond the agricultural ecosystem: A concern for public health. **Microbiologyopen**, v. 9, p. e1035, 2020.

JOSHI, Trapti et al. Pyranocarbazoles from *Murraya koenigii* (L.) Spreng. as antimicrobial agents. **Natural Product Research**, v. 32, p. 430-434, 2018.

KANWAL, Aisha et al. Recent advances in green carbon dots (2015–2022): Synthesis, metal ion sensing, and biological applications. **Beilstein Journal of Nanotechnology**, v. 13, p. 1068-1107, 2022.

KOPEĆ, Michał et al. The application potential of hop sediments from beer production for composting. **Sustainability**, v. 13, p. 6409, 2021.

LIU, Sheng-Rong; ZHENG, Shi-Zhong; ZHANG, Wei-Rui. Modeling the effects of  $\epsilon$ -poly-L-lysine, chitosan, and temperature as hurdles on the prevention and control of indicator bacteria in a submerged culture of the commercially important *Flammulina velutipes* for liquid spawn production. **Scientia Horticulturae**, v. 270, p. 109414, 2020.

LOPES, Mario Lucio et al. Ethanol production in Brazil: a bridge between science and industry. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, p. 64-76, 2016.

MALODE, Gunjan P. et al. Phytochemistry, pharmacology and botanical aspects of *Murraya Koenigii* in the search for molecules with bioactive potential-A review. **GSC Advanced Research and Reviews**, v. 6, p. 143-155, 2021.

MAIA, Natalia J. L. et al. Combination of natural antimicrobials for contamination control in ethanol production. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 35, p. 1-9, 2019.

MONDAL, Priya et al. Mahanimbine isolated from *Murraya koenigii* inhibits P-glycoprotein involved in lung cancer chemoresistance. **Bioorganic Chemistry**, v. 129, p. 106170, 2022.

NAZURAH, R. Nur Fatin et al. The potential of chitosan-based film with curry leaf essential oil as natural insect-repellent food packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 34, p. 100993, 2022.

NISHIYAMA, Takashi et al. Total syntheses of carbazole alkaloid mukoenine A and pyrano [3, 2-a] carbazole alkaloid girinimbine. **Tetrahedron**, v. 120, p. 132895, 2022.

OLSZOWY, Małgorzata. What is responsible for antioxidant properties of polyphenolic compounds from plants?. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 144, p. 135-143, 2019.

PANTAWANE, P. K. et al. Phytoextracted copper oxide nanoparticles by using *Murraya koenigii* leaf extract and its antibacterial activity. **Materials Today: Proceedings**, v. 29, p. 934-938, 2020.

PARRA, Maurício R.; COUTINHO, Renato X.; PESSANO, Eduardo F. C. Um breve olhar sobre a cienciometria: origem, evolução, tendências e sua contribuição para o ensino de ciências. **Revista Contexto & Educação**, v. 34, pág. 126-141, 2019.

PATEL, Om PS et al. Naturally occurring carbazole alkaloids from *Murraya koenigii* as potential antidiabetic agents. **Journal of natural products**, v. 79, n. 5, p. 1276-1284, 2016.

PATIL, Siddappa A. et al. Carbazole Derivatives as Potential Antimicrobial Agents. **Molecules**, v. 27, p. 6575, 2022.

RAJPUT, Ayushi; SHARMA, Renu; BHARTI, Ruchi. Pharmacological activities and toxicities of alkaloids on human health. **Materials Today: Proceedings**, v. 48, p. 1407-1415, 2022.

RICH, Joseph O. et al. Resolving bacterial contamination of fuel ethanol fermentations with beneficial bacteria—an alternative to antibiotic treatment. **Bioresource technology**, v. 247, p. 357-362, 2018.

SAMANTA, Suman K. et al. Phytochemical portfolio and anticancer activity of *Murraya koenigii* and its primary active component, mahanine. **Pharmacological research**, v. 129, p. 227-236, 2018.

SANDAMALI, Jayasinghe AN et al. Cardioprotective Potential of *Murraya koenigii* (L.) Spreng. Leaf Extract against Doxorubicin-Induced Cardiotoxicity in Rats. **Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM**, v. 2020, p. 6023737, 2020.

SATYAVARAPU, E. M.; SINHA, P. K.; MANDAL, C. Influence of Geographical and Seasonal Variations on Carbazole Alkaloids Distribution in *Murraya koenigii*: Deciding Factor of Its In Vitro and In Vivo Efficacies against Cancer Cells. **BioMed Research International**, v. 2020, p. 7821913, 2020.

SELVAN, Dominic S. A. et al. Antidiabetic activity of phytosynthesized Ag/CuO nanocomposites using *Murraya koenigii* and *Zingiber officinale* extracts. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 67, p. 102838, 2022.

SHARMA, J. et al. Engineering of *Saccharomyces cerevisiae* as a consolidated bioprocessing host to produce cellulosic ethanol: Recent advancements and current challenges. **Biotechnology Advances**, v. 56, p. 107925-107925, 2022.

SEO, Seung-Oh et al. Anti-contamination strategies for yeast fermentations. **Microorganisms**, v. 8, n. 2, p. 274, 2020.

SIVAKAMI, M.; RENUKA DEVI, K.; RENUKA, R. Phytomediated synthesis of magnetic nanoparticles by *Murraya koenigii* leaves extract and its biomedical applications. **Applied Physics A**, v. 128, p. 272, 2022.

SUTHAR, Priyanka et al. *Murraya koenigii* (L.) Spreng: Speculative ethnobotanical perspectives of ubiquitous herb with versatile nutra/functional properties. **South African Journal of Botany**, v. 145, p. 111-134, 2022.

TAN, Mario A.; SHARMA, Niti; AN, Seong Soo A. Multi-Target Approach of *Murraya koenigii* Leaves in **Treating Neurodegenerative Diseases**. **Pharmaceuticals**, v. 15, n. 2, p. 188, 2022.

TRIPATHI, Y. C.; ANJUM, Nishat; RANA, Ashish. Chemical Composition and In vitro Antifungal and Antioxidant Activities of Essential Oil from *Murraya koenigii* (L.) Spreng. Leaves bright archive. **Asian Journal of Biomedical and Pharmaceutical**, v. 8, n. 45, p. 6-13, 2018.



UDDIN, Tanvir M. et al. Antibiotic resistance in microbes: History, mechanisms, therapeutic strategies and future prospects. **Journal of infection and public health**, v. 14, p. 1750-1766, 2021.

VASILESCU, Alina et al. Progress in electrochemical (bio) sensors for monitoring wine production. **Chemosensors**, v. 7, p. 66, 2019.

VERMA, Tanya et al. Current challenges and advancements towards discovery and resistance of antibiotics. **Journal of Molecular Structure**, v. 1248, p. 131380, 2022.

VITERITTI, Eduardo et al. Analysis of carbazole alkaloids in *Murraya koenigii* by means of high performance liquid chromatography coupled to Tandem mass spectrometry with a predictive multi experiment approach. **Journal of Chromatography Open**, v. 2, p. 100055, 2022.