

METABOLÔMICA E PERFIL ANTIOXIDANTE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Cymbopogon nardus* L. ATRAVÉS DE REDES MOLECULARES POR ESPECTROMETRIA DE MASSAS

Robson Almeida Silva^{1,2*}; Ademir Evangelista do Vale^{2,3}; Fabiany Cruz Gonzaga⁴; Simone Andrade Gualberto⁴.

¹ Instituto de Ciências da Saúde – ICS – Programa de Pós-graduação em Biotecnologia (PPGBiotec) – Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Salvador, Bahia, Brasil;

² Laboratório de Pesquisa de Produtos Naturais – Faculdade de Farmácia – (UFBA) – Salvador, BA, Brasil;

³ Departamento do Medicamento – Faculdade de Farmácia - Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Salvador, Bahia, Brasil;

⁴ Departamento de Ciências Exatas e Naturais – DCEN – Laboratório de Pesquisa de Produtos Naturais - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Itapetinga, Bahia, Brasil.

*E-mail: robsonalmeida@ufba.br / robsonalmeida74@gmail.com

Palavras-Chave: *fingerprint* químico, GNPS, Fitoquímica.

Introdução

Cymbopogon nardus L., popularmente conhecido como capim-citronela, é uma planta pertencente à família Poaceae, amplamente distribuída em regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, a espécie encontra-se em diversas áreas, especialmente, no sudoeste da Bahia, onde o clima quente e úmido favorece seu cultivo (SANTOS *et al.*, 2016). A citronela é conhecida tanto pelo seu uso comercial como repelente natural de insetos (TEIXEIRA *et al.*, 2022) quanto pelas propriedades medicinais, especialmente em comunidades rurais baianas, onde o seu óleo essencial tem sido tradicionalmente utilizado para alívio de dores e febres (SAPUTRA *et al.*, 2020).

Uma das principais características do gênero *Cymbopogon* é a riqueza de compostos bioativos presentes em seus óleos essenciais, destacando-se pelo elevado potencial antioxidante (BRITO *et al.*, 2018). Esses óleos são compostos majoritariamente por monoterpenos e sesquiterpenos, como citronelal, geraniol e limoneno, que possuem uma moderada resistência de neutralizar radicais livres (BAYALA *et al.*, 2020). Estudos demonstram que esses compostos desempenham um papel importante na prevenção de danos celulares induzidos pelo estresse oxidativo (SALSABILA *et al.*, 2023) associando o óleo essencial de *C. nardus* a propriedades antienvhecimento e anti-inflamatórias (CSIKÓS *et al.*, 2020), o que o torna um alvo de interesse tanto para a indústria cosmética quanto farmacêutica.

O estudo metabolômico, aliado à espectrometria de massas, tem se tornado uma ferramenta indispensável na análise detalhada dos constituintes químicos de espécies vegetais como *Cymbopogon nardus* (FEIZI *et al.*, 2021; LEBANOV, GHIASVAND; PAULL, 2021). Utilizando técnicas hífenadas, como a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), é possível anotar e identificar uma ampla gama de compostos metabólicos submetidos a uma separação. Isso permite uma abordagem precisa para elucidar os mecanismos bioquímicos associados às atividades antioxidantes, otimizando o uso desses compostos em aplicações biotecnológicas e farmacológicas. A metabolômica não apenas amplia o conhecimento fitoquímico, mas também facilita a descoberta de novos bioativos e suas

correlações com potenciais terapêuticos (BEALE *et al.*, 2018; LEBANOV; GHIASVAND; PAULL, 2021).

No contexto do estudo metabolômico de *C. nardus*, o uso da plataforma GNPS (Global Natural Products Social Molecular Networking) tem se mostrado fundamental para a anotação e descoberta de novos compostos (FLOROS *et al.*, 2016). O GNPS permite a construção de redes moleculares que facilitam a comparação e identificação de metabólitos, integrando dados de espectrometria de massas e promovendo a colaboração científica (LEAO *et al.*, 2021). Essas técnicas combinadas possibilitam uma análise mais robusta e detalhada, permitindo a caracterização de compostos de baixa massa molecular e a correlação com suas funções biológicas, evidenciando um direcionamento de pesquisas para a fitoquímica e o desenvolvimento de aplicações fitoterápicas (ARON *et al.*, 2020; MAO *et al.*, 2022).

Desse modo, este estudo aborda o perfil químico e antioxidante do óleo essencial de capim-citronela obtido e armazenado no Laboratório de Produtos Naturais (LAPRON/UESB) e o estudo preliminar da sua metabolômica por redes moleculares via GC-EM no Laboratório de Pesquisa de Produtos Naturais (LPPN) da Faculdade de Farmácia da UFBA.

Materiais e Métodos

Obtenção do Óleo Essencial

O material vegetal de *Cymbopogon nardus* L. foi coletado na UESB, Itapetinga, Bahia, Brasil (S 15°15'12.3" W 40°16'20.3"), identificado e depositado no Herbário da UESB (exsicata HUESB 14404). As folhas foram secas a 40 °C por 24 horas em estufa no LAPRON/UESB. O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação com um aparelho de Clevenger, utilizando 100 g de material seco em 1 L de água deionizada por 2 horas (SANTANA, 2021). Uma fração do óleo foi armazenada a -4 °C para análises no LPPN da Faculdade de Farmácia (UFBA).

Perfil Químico por CG-EM

Os parâmetros do cromatógrafo a gás acoplado à espectrometria de massas Shimadzu GC-2010 com detector GCMS-QP2020 foram: forno da coluna a 60 °C, injeção a 280 °C, injeção em modo split. O fluxo foi ajustado para pressão de 16,2 psi, fluxo total de 13,8 mL/min, e fluxo da coluna de 1,80 mL/min. O fluxo de purga foi de 3,0 mL/min, e a razão de split de 5,0, com tempo de equilíbrio de 1 minuto. No espectrômetro, a temperatura da fonte de íons e da interface foi 280 °C. O tempo de corte do solvente foi 3 minutos e o ganho do detector ajustado para 0,97 kV com limiar de 1000. A aquisição foi configurada de 3,20 a 65 minutos, em modo de varredura com tempo de evento de 0,30 segundos, velocidade de 2500 e faixa de m/z de 37 a 660.

Atividade Antioxidante

O potencial antioxidante foi avaliado pelos métodos DPPH· e oxidação de betacaroteno (RUFINO *et al.*, 2007). Para o teste de DPPH·, preparou-se uma solução de 60 µM em metanol. Amostras de óleo (10, 5, 2,5 e 1,25 mg/mL) foram misturadas com 50 µL de DPPH em placas de 96 poços. A absorvância foi medida a 515 nm no espectrofotômetro Biotek® ELX800 e os

resultados expressos como IC50. No teste de betacaroteno, preparou-se uma solução com ácido linoleico, betacaroteno, Tween 80 e clorofórmio, evaporada e solubilizada em água deionizada. Amostras foram misturadas com o sistema betacaroteno e medidas em microplaca (430 nm). Os resultados foram expressos em percentual de oxidação. Rutina e BHT foram controles positivos e metanol negativo (RUFINO *et al.*, 2006). Os testes foram realizados em triplicata e analisados por ANOVA ($p < 0,05$) e teste Tukey.

Metabolômica e Obtenção de Rede Molecular

A rede molecular foi criada com o workflow GC no GNPS (WANG *et al.*, 2016). Dados foram filtrados removendo íons fragmentados de MS/MS dentro de ± 17 Da do m/z do precursor e selecionando os 6 principais íons na janela de ± 50 Da. Tolerâncias foram ajustadas para 20000 Da e 0,5 Da. Conexões com escore de cosseno $> 0,7$ e mais de 6 picos foram mantidas, e aquelas entre os 10 nós mais similares também. O tamanho máximo das famílias moleculares foi 100. As correspondências com a biblioteca exigiram escore $> 0,5$ e pelo menos 6 picos. A visualização foi feita no *Cytoscape* (SHANNON, 2003).

Resultados e Discussão

O perfil químico de um óleo essencial direciona uma gama de potencialidades de uma espécie vegetal frente as suas propriedades biológicas a serem investigadas. A tabela 1 ilustra os principais compostos anotados do produto da hidrodestilação das folhas de capim-citronela.

Tabela 1 – Principais compostos terpênicos detectados via CG-EM do óleo de *Cymbopogon nardus* L.

Id.	Temp. de Ret. (min.)	Fórmula	Compostos	IR ^{Nist}	IR ^{Adams}	Área (%)
1	6,874	C ₁₀ H ₁₆	D-Limoneno	1018	1024	2,86
2	10,013	C ₁₀ H ₁₆ O	(+)-2-Bornanona	1121	1141	3,79
3	10,123	C ₁₀ H ₁₈ O	Citronelal	1125	1148	41,56
4	12,149	C ₁₀ H ₂₀ O	Citronelol	1179	1123	11,86
5	12,802	C ₁₀ H ₁₈ O	Geraniol	1228	1249	15,83
6	15,204	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	8-Hidroxi-neomentol	1320	1328	1,17
7	16,171	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	Acetato de geranila	1352	1379	1,06
8	16,520	C ₁₅ H ₂₄	β -Cariofileno	1398	1390	1,77
9	18,835	C ₁₅ H ₂₄	Germacrieno D	1480	1480	0,44
10	20,437	C ₁₅ H ₂₆ O	Elemol	1522	1548	8,31
11	21,105	C ₁₅ H ₂₆ O	Germacrieno-D-4-ol	1574	1574	1,70

Id. = Identificação

Nist = Biblioteca espectral de GC-MS.

Adams = Biblioteca de índice de Retenção de Compostos.

Classes Total de Área (%)

Monoterpenos 73,17

Sesquiterpenos 12,22

Compostos Oxigenados Derivados de Monoterpenos 4,96

Total 90,35

Fonte: Aatoria (2024).

A presença de β -cariofileno, um sesquiterpeno com propriedades anti-inflamatórias, adiciona um caráter terapêutico ao perfil do óleo essencial (GUSHIKEN *et al.*, 2022). A análise

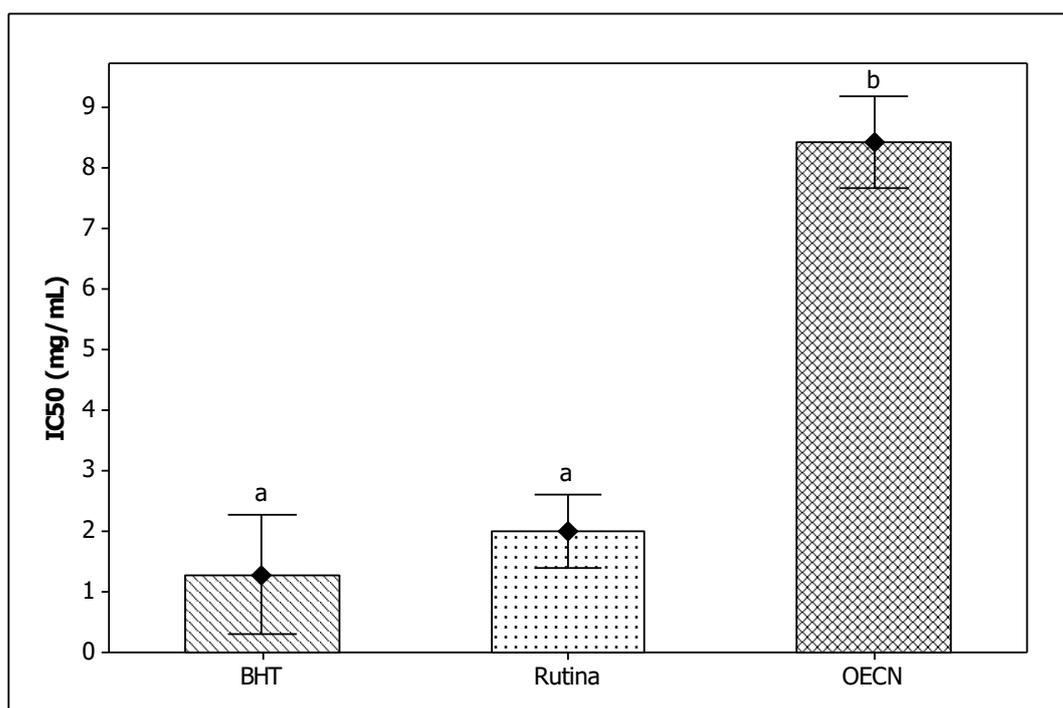
química revelou uma predominância de monoterpenos (73,17%), seguidos de sesquiterpenos (12,22%) e monoterpenos oxigenados (4,96%) na amostra, o que reflete o perfil típico de óleos essenciais de plantas aromáticas. A presença de monoterpenos oxigenados, como o (+)-2-bornanona (3,79%) e o 8-hidroxi-neomentol (1,17%), indica uma possível contribuição para o aroma característico da amostra, além de seus efeitos terapêuticos potenciais, como ações antissépticas e anti-inflamatórias (MEERAN *et al.*, 2017).

O composto predominante identificado é o citronelal, que representa 41,56% da composição total. Este monoterpeno aldeído é amplamente reconhecido por suas propriedades antimicrobianas (VICTORIA *et al.*, 2012; VERMA *et al.*, 2020) e repelentes de insetos, características que explicam seu uso tradicional em produtos destinados a afastar insetos (HIGUCHI *et al.*, 2023). Além do citronelal, outros monoterpenos significativos no óleo essencial incluem o geraniol e o citronelol, representando 15,83% e 11,86%, respectivamente. O geraniol é conhecido por suas propriedades antioxidantes e antimicrobianas, além de contribuir para o aroma floral do óleo essencial. O citronelol, por sua vez, também apresenta propriedades antimicrobianas e é responsável por parte do perfil olfativo do capim-citronela (LIAN *et al.*, 2023).

Os sesquiterpenos, embora em menor quantidade (12,22%), também desempenham um papel relevante. Compostos como o β -cariofileno (1,77%) e o elemol (8,31%) são conhecidos por suas propriedades anti-inflamatórias, analgésicas e antioxidantes (MASOUMI-ARDAKANI, 2016). Esses terpenos não voláteis são frequentemente associados à estabilidade oxidativa de óleos essenciais, contribuindo para a preservação de suas propriedades ao longo do tempo (SILVA *et al.*, 2015).

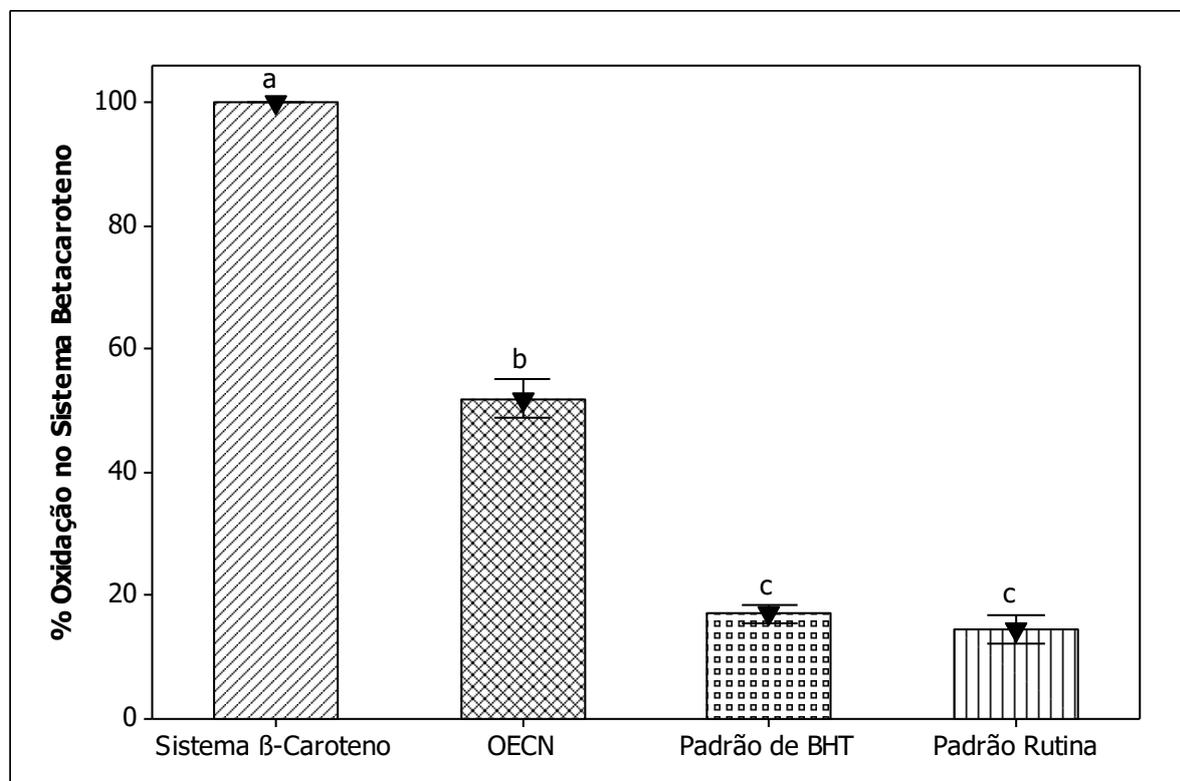
Nesta perspectiva, as figuras 1 e destacam o perfil antioxidante de sequestro de radicais livres de DPPH e oxidação do sistema betacaroteno, respectivamente.

Figura 1 – Perfil de IC₅₀ do óleo essencial de capim-citronela (OECN) pelo método de DPPH.



Letras igual indicam que não houveram diferença estatística pelo test t de Tukey (<0,05). Fonte: Autoria (2024).

Figura 2 – Percentual de oxidação de amostras com potencial antioxidante no sistema betacaroteno.



Letras igual indicam que não houveram diferença estatística pelo test t de Tukey (<0,05). Fonte: Autoria (2024).

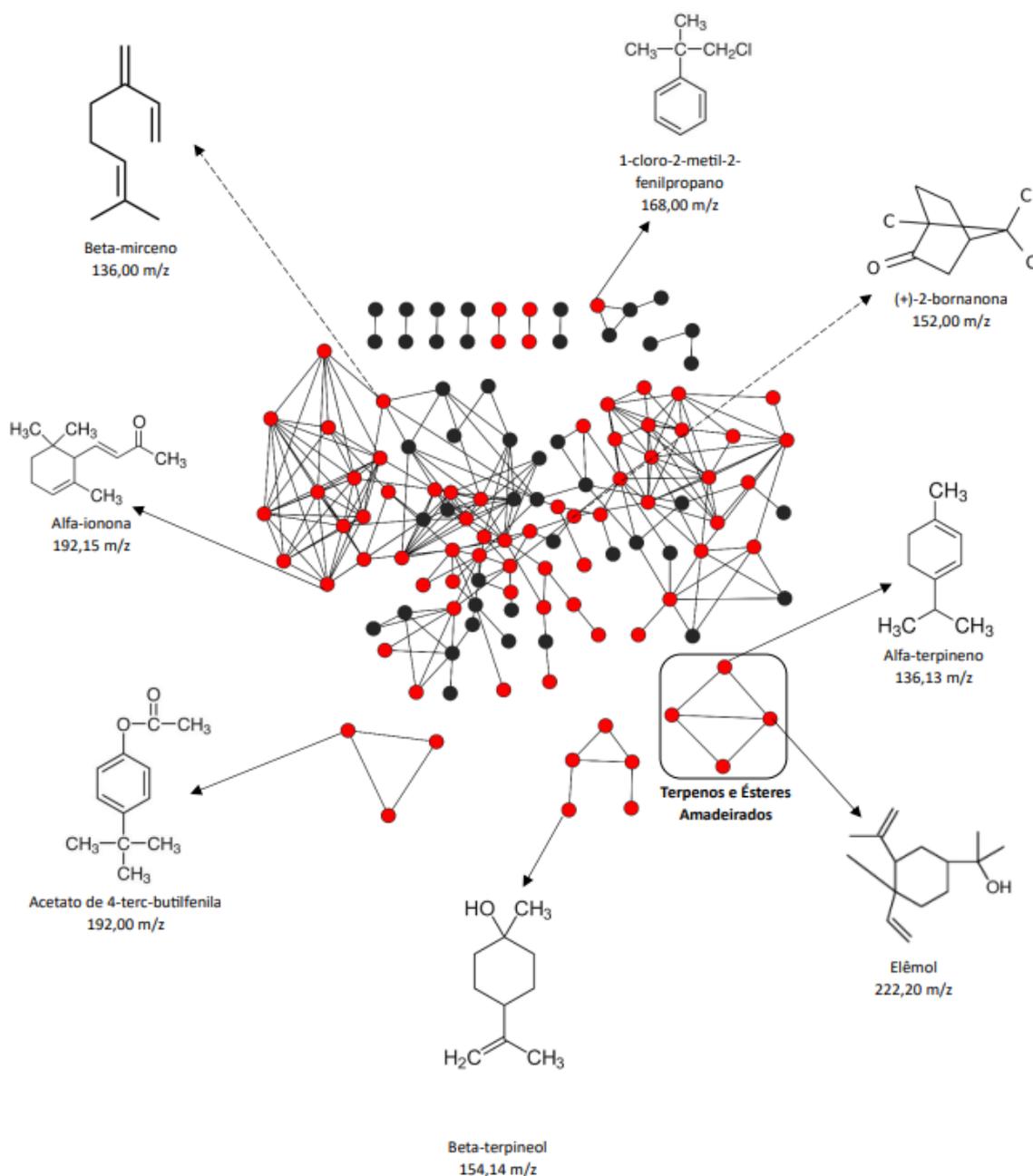
Em ambos resultados obtidos, é evidente a diferença estatística do comportamento do óleo essencial de *C. nardus* frente aos controles positivos. Para o teste de DPPH·, que avalia a capacidade de sequestro do radical livre DPPH·, o óleo exibiu um valor de IC₅₀ de 8,36±0,39 mg/mL. Comparado aos controles positivos, a rutina apresentou um IC₅₀ significativamente mais baixo, de 2,01±0,23mg/mL, e o BHT, outro antioxidante conhecido, exibiu um IC₅₀ de 1,32±0,43mg/mL. Assim como no sistema betacaroteno a amostra volátil apresentou uma porcentagem de oxidação de 51,96±1,26%. Autores como Gebashe *et al.*, (2020) tem evidenciado o ensaio antioxidante de DPPH· *C. nardus* com um IC₅₀ de 0,04mg/mL.

A baixa atividade antioxidante observada no óleo essencial de *Cymbopogon nardus* sugere ser atribuída à baixa tendências de constituintes majoritários que contenham átomos de hidrogênio em posições alílicas e/ou benzílicas. De acordo com Miranda *et al.*, (2016) compostos fenólicos frequentemente apresentam uma atividade antioxidante superior devido à facilidade com que um átomo de hidrogênio pode ser abstraído de grupos funcionais fenólicos por radicais peróxidos durante o teste. Esses grupos funcionais são particularmente eficazes em neutralizar radicais livres devido à sua estrutura química, que favorece a doação de elétrons e a estabilização dos radicais formados (MURRAY *et al.*, 2021).

No entanto, a pequena resistência à oxidação do óleo essencial de capim-citronela se deve em função da presença de compostos cíclicos no grupo das estruturas terpênicas que consolidam esse baixo potencial. Esta diferença de atividade reflete a importância dos grupos funcionais na determinação do potencial antioxidante dos óleos essenciais.

No perfil metabolômico do óleo essencial de capim-citronela, os nodos e *clusters* identificados são essenciais para compreender a composição química e as propriedades bioativas do óleo. As informações contidas na figura 3 compreendem a uma impressão digital química das fragmentações espectrais da amostra.

Figura 3 – Rede Molecular de espectros por similaridade do óleo essencial de *C. nardus* L. via *Cytoscope*.



Fonte: Autoria (2024).

Os nodos vermelhos representam os compostos detectados pelo CG-EM em dados de fragmentação MS/MS que foram possíveis de se visualizar em forma de uma impressão digital

química. As arestas indicam a similaridade de fragmentação de íons gerando agrupamentos de substâncias com perfis estruturais próximos.

A estrutura dessa rede revela a complexidade do perfil químico dos extratos analisados, onde a maior parte dos compostos está relacionada a terpenos e seus derivados. A similaridade nas fragmentações sugere que muitos desses compostos compartilham vias biossintéticas comuns, como a rota do mevalonato e do desvio não-mevalonato para produção de terpenos em plantas (BERGMAN; DAVIS; PHILLIPS, 2019).

O elemol, um sesquiterpeno, normalmente é encontrado em óleos essenciais (HUNG *et al.*, 2014). Ele tem efeitos calmantes e pode atuar como um potencial antioxidante. β -micerno, um monoterpeneo que tem sido relatado em outros estudos com *C. nardus*, é conhecido por suas propriedades anti-inflamatórias e sedativas (SURENDRAN *et al.*, 2021; BABU; JAYARAMAN, 2020). A presença de compostos como a alfa-ionona, cânfora, e alfa-terpineol, frequentemente associados a propriedades antioxidantes e antimicrobianas, é consistente com a hipótese de que a amostra estudada pode ter alto potencial de aplicação em formulações cosméticas e farmacêuticas, em linha com suas atividades biológicas.

A rede apresenta um agrupamento claro de compostos classificados como terpenos e ésteres amadeirados, sugerindo que há um conjunto de compostos com propriedades e funcionalidades similares dentro dessa classe química. As moléculas indicadas conectam-se a outros compostos voláteis, corroborando com o fato de que esses compostos são majoritariamente derivados de metabólitos secundários como os terpenos, amplamente distribuídos em óleos essenciais.

Logo, esta análise demonstra o poder do GNPS na construção de redes moleculares para interpretar dados de CG-EM, facilitando a identificação de compostos bioativos. Sendo assim, evidencia-se uma inter-relação estrutural e funcional dos compostos analisados, com destaque para o potencial antioxidante e aplicações biotecnológicas desses terpenos e ésteres.

Conclusões

Portanto, o óleo essencial de *C. nardus* apresentou um perfil químico predominantemente composto por monoterpeneos, como citronelal, geraniol e citronelol, amplamente reconhecidos por suas propriedades antimicrobianas e repelentes de insetos. Embora a atividade antioxidante tenha se mostrado relativamente baixa, com IC50 elevado e maior oxidação no sistema betacaroteno, o óleo demonstrou potencial para uso em cosméticos e produtos farmacêuticos, especialmente em formulações com propriedades biológicas de interesse comercial e farmacognóstico. A análise da rede molecular evidenciou a predominância de terpenos e sugeriu vias biossintéticas comuns, reforçando seu potencial bioativo para aplicações terapêuticas. Este estudo preliminar estabeleceu o perfil metabolômico do óleo de capim-citronela, abrindo caminho para futuras pesquisas e aprimoramento em estudos laboratoriais.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia (PPGBiotec) da Universidade Federal da Bahia (UFBA), ao LAPRON-UESB e LPPN-UFBA, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Referências

- ARON, A. T. et al. Reproducible molecular networking of untargeted mass spectrometry data using GNPS. **Nature protocols**, v. 15, n. 6, p. 1954-1991, 2020.
- BABU, Shyamaladevi; JAYARAMAN, Selvaraj. An update on β -sitosterol: A potential herbal nutraceutical for diabetic management. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 131, p. 110702, 2020.
- BAYALA, B. et al. Chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory and antiproliferative activities of the essential oil of *Cymbopogon nardus*, a plant used in traditional medicine. **Biomolecular concepts**, v. 11, n. 1, p. 86-96, 2020.
- BEALE, D. J. et al. Review of recent developments in GC-MS approaches to metabolomics-based research. **Metabolomics**, v. 14, p. 1-31, 2018.
- BERGMAN, M. E.; DAVIS, B.; PHILLIPS, M. A. Medically useful plant terpenoids: biosynthesis, occurrence, and mechanism of action. **Molecules**, v. 24, n. 21, p. 3961, 2019.
- BRITO, R. et al. Utilização de Óleos Essenciais de Capim-limão (*Cymbopogon citratus*), Citronela (*Cymbopogon nardus*) e Óleo de Nim (*Azadirachta indica*) no Controle de Insetos e Microorganismos. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.
- CSIKÓS, E. et al. Effects of *Thymus vulgaris* L., *Cinnamomum verum* J. Presl and *Cymbopogon nardus* (L.) rendle essential oils in the endotoxin-induced acute airway inflammation mouse model. **Molecules**, v. 25, n. 15, p. 3553, 2020.
- FEIZI, N. et al. Recent trends in application of chemometric methods for GC-MS and GC-MS-based metabolomic studies. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 138, p. 116239, 2021.
- FLOROS, D. J. et al. A metabolomics guided exploration of marine natural product chemical space. **Metabolomics**, v. 12, p. 1-11, 2016.
- GEBASHE, F. et al. Phytochemical profiles and antioxidant activity of grasses used in South African traditional medicine. **Plants**, v. 9, 2020.
- GUSHIKEN, L. et al. Beta-caryophyllene as an antioxidant, anti-inflammatory and re-epithelialization activities in a rat skin wound excision model. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, 2022.
- HIGUCHI, C. et al. Development of a nanotechnology matrix-based citronella oil insect repellent to obtain a prolonged effect and evaluation of the safety and efficacy. **Life**, v. 13, 2023.
- HUNG, N. et al. Chemical composition of essential oils of *Artabotrys petelotii* Merr., *Artabotrys intermedius* Hassk., and *Artabotrys harmandii* Finet & Gagnep. (Annonaceae) from Vietnam. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 17, p. 1105-1111, 2014.
- LEAO, T. F. et al. Quick-start infrastructure for untargeted metabolomics analysis in GNPS. **Nature metabolism**, v. 3, n. 7, p. 880-882, 2021.
- LEBANOV, L.; GHIASVAND, A.; PAULL, B. Data handling and data analysis in metabolomic studies of essential oils using GC-MS. **Journal of Chromatography A**, v. 1640, p. 461896, 2021.
- MAO, X. et al. Data mining of natural hazard biomarkers and metabolites with integrated metabolomic tools. **Journal of Hazardous Materials**, v. 427, p. 127912, 2022.
- MASOUMI-ARDAKANI, Y. et al. Chemical composition, anticonvulsant activity, and toxicity of essential oil and methanolic extract of *Elettaria cardamomum*. **Planta Medica**, v. 82, p. 1482-1486, 2016.
- MEERAN, M. et al. Pharmacological properties and molecular mechanisms of thymol: prospects for its therapeutic potential and pharmaceutical development. **Frontiers in Pharmacology**, v. 8, 2017.
- MIRANDA, C. A. S. F. et al. Óleos essenciais de folhas de diversas espécies: propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento espécies patogênicas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, p. 213-220, 2016.
- MURRAY, P. et al. Photochemical and electrochemical applications of proton-coupled electron transfer in organic synthesis. **Chemical Reviews**, v. 122, p. 2017-2291, 2021.
- RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2007. 4 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico online, 127).



- RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas no sistema β -caroteno/ácido linoléico.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 4 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado Técnico online, 126).
- SALSABILA, D. U. et al. Cytoprotective properties of citronella oil (*Cymbopogon nardus* (L.) Rendl.) and lemongrass oil (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf) through attenuation of senescent-induced chemotherapeutic agent doxorubicin on Vero and NIH-3T3 Cells. **Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP**, v. 24, n. 5, p. 1667, 2023.
- SANTANA, V. D. O. **Caracterização química e avaliação da atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de *Cymbopogon nardus* L. (Poaceae) e *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae).** 2021. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) — Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2021.
- SANTOS, J. M. et al. Avaliação do efeito repelência e larvicida do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* e *Cymbopogon nardus* no controle do *Aedes aegypti*. **Revista eletrônica de Trabalhos Acadêmicos**, v. 1, n. 2, p. 90-108, 2016.
- SAPUTRA, N. A. et al. Chemical composition of *Cymbopogon nardus* essential oil and its broad spectrum benefit. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2020. p. 012017.
- SHANNON, P. et al. Cytoscape: a software environment for integrated models of biomolecular interaction networks. **Genome research**, v. 13, n. 11, p. 2498-2504, 2003.
- SILVA, G. et al. Antioxidant, analgesic and anti-inflammatory effects of lavender essential oil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 2, supl., p. 1397-408, 2015.
- SURENDRAN, S. et al. Myrcene—what are the potential health benefits of this flavouring and aroma agent?. **Frontiers in nutrition**, v. 8, p. 699666, 2021.
- TEIXEIRA, H. S. et al. Chemical Composition Of Croton And Citronella And Repellent Action About *Aedes Aegypti* Linn. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 17, n. 3, p. 158-175, 2022.
- VERMA, R. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt ex Bor) essential oil extracted by different methods. **Journal of Essential Oil Research**, v. 32, p. 449-455, 2020.
- VICTORIA, F. et al. Further analysis of the antimicrobial activity of α -phenylseleno citronellal and α -phenylseleno citronellol. **Food Control**, v. 23, p. 95-99, 2012.
- WANG, M. et al. Sharing and community curation of mass spectrometry data with Global Natural Products Social Molecular Networking. **Nature biotechnology**, v. 34, n. 8, p. 828-837, 2016.