



UFG

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E
MELHORAMENTO DE PLANTAS**

**MICROPROPAGAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO
DOS TRICOMAS GLANDULARES FOLIARES E
ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS
ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Hyptis pycnocephala*
Benth. (LAMIACEAE)**

LAILA TIAGO CHAGA

Orientador: **Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov**
Coorientadora: **Profa. Dra. Maria Tereza Faria**
Coorientador: **Prof. Dr. José Realino de Paula**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

Laila Tiago Chaga

3. Título do trabalho

Micropropagação, caracterização dos tricomas glandulares foliares e análise da composição química dos óleos essenciais de *Hyptis pycnocephala* Benth. (Lamiaceae)

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.



Documento assinado eletronicamente por **Sergio Tadeu Sibov, Professora do Magistério Superior**, em 03/10/2023, às 15:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Laila Tiago Chaga, Discente**, em 22/02/2024, às 15:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4063987** e o código CRC **68B4A06F**.

LAILA TIAGO CHAGA

**MICROPROPAGAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO DOS TRICOMAS
GLANDULARES FOLIARES E ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Hyptis pycnocephala* Benth.
(LAMIACEAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, da Escola de Agronomia, da Universidade Federal de Goiás (UFG), como exigência para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas.
Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.
Linha de pesquisa: Conservação e Melhoramento de Espécies Vegetais Nativas do Cerrado.

Orientador:

Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov

Coorientadores:

Prof.^a Dr.^a Maria Tereza Faria

Prof. Dr. José Realino de Paula

GOIÂNIA, GO - Brasil

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

CHAGA, LAILA TIAGO
MICROPROPAGAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO DOS TRICOMAS
GLANDULARES FOLIARES E ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA
DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Hyptis pycnocephala* Benth.
(LAMIACEAE) [manuscrito] / LAILA TIAGO CHAGA, SÉRGIO TADEU
SIBOV, MARIA TEREZA FARIA, JOSÉ REALINO DE PAULA. - 2023.
LXXXVII, 87 f.

Orientador: Prof. Dr. SÉRGIO TADEU SIBOV; co-orientadora Dra.
MARIA TEREZA FARIA; co-orientador Dr. JOSÉ REALINO DE PAULA.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola
de Agronomia (EA), Programa de Pós-graduação em Genética e
Melhoramento de Plantas, Goiânia, 2023.

Bibliografia.

Inclui lista de figuras, lista de tabelas.

1. CERRADO. 2. CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS. 3.
MICROMORFOLOGIA. 4. TERPENOS. I. SIBOV, SÉRGIO TADEU. II.
FARIA, MARIA TEREZA. III. PAULA, JOSÉ REALINO DE. IV. SIBOV,
SÉRGIO TADEU, orient. V. FARIA, MARIA TEREZA, co-orient. VI. Título.

CDU 575



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 117 da sessão de Defesa de Dissertação de Laila Tiago Chaga, que confere o título de Mestra em Genética e Melhoramento de Plantas, na área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas.

Aos vinte e três dias do mês de agosto de dois mil e vinte e três, a partir das quatorze horas, via videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “Micropropagação, caracterização dos tricomas glandulares foliares e análise da composição química dos óleos essenciais de *Hyptis pycnocephala* Benth. (Lamiaceae)”. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Doutor Sérgio Tadeu Sibov (PPGGMP/UFG), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Doutora Moemy Gomes de Moraes (ICB/UFG), membro titular externo e Doutor Guilherme de Medeiros Antar (UFES), membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata APROVADA pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Sergio Tadeu Sibov, Professora do Magistério Superior**, em 03/10/2023, às 15:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Moemy Gomes De Moraes, Professora do Magistério Superior**, em 02/07/2024, às 13:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3981883** e o código CRC **613004F6**.

Referência: Processo nº 23070.047349/2023-81

SEI nº 3981883

Meu avô, Pedro José de Moraes,
que além de pai e raizeiro, era mestre.
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar resiliência necessária para que eu nunca desistisse das minhas realizações pessoais. Nessa jornada, constatei sua influência através das pessoas que orientaram o meu desenvolvimento. Meu sentimento de gratidão é inestimável pois fui conduzida, com tamanha sabedoria, a persistir e sempre manter a fé!

Meu estimado reconhecimento a minha mãe Káthia e sua busca empenhada, desde o princípio, a estimular os meus estudos. Não cabe aqui mensurar seu investimento, em forma de tempo e dinheiro no meu processo educacional, porém, agradeço profundamente tamanha dedicação.

Meu agradecimento aos meus irmãos, pelo incentivo emocional e estendo este a meus familiares tanto próximos quanto distantes e minhas amizades, antigas e recém concretizadas. A doação do tempo de alguns de vocês foi capaz de promover motivação, autoconfiança, engajamento nos estudos e ressignificar de lágrimas. Esse processo requer uma rede de apoio e por isso, sou categórica em afirmar que fizeram a diferença nessa etapa tão importante da minha vida.

Ao queridíssimo orientador Sérgio Tadeu Sibov que fez jus a comunicação assertiva e ensinou muito sobre o valor de ser paciente. A minha amada professora de graduação Maria Tereza Faria, a qual sonhamos juntas esse projeto há pelo menos 5 anos atrás e agora o realizamos. Ao professor José Realino de Paula pela nobre condução e direcionamento além do zelo minucioso com a pesquisa.

A Universidade Federal de Goiás pela sua estrutura física, ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pelo excelente corpo docente e a CAPES, pela concessão de bolsas mensais de fomento a pesquisa.

São todos, por mim, muito estimados e reconhecidos por suas boas influências!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	08
LISTA DE FIGURAS	10
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 O CERRADO.....	17
2.2 ASPECTOS GERAIS DA FAMÍLIA LAMIACEAE.....	18
2.2.1 Gênero <i>Hyptis</i> Jacq.	19
2.3 CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS.....	21
2.4 TRICOMAS GLANDULARES FOLIARES.....	22
2.5 USO MEDICINAL: PLANTAS E SEUS METABÓLITOS.....	23
2.5.1 Eficácia dos terpenos	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 MATERIAL VEGETAL.....	26
3.2 CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS.....	27
3.2.1 Descontaminação de sementes	27
3.2.2 Germinação in vitro	27
3.2.3 Meios de Cultura	28
3.2.4 Multiplicação de brotos	28
3.2.5 Enraizamento	29
3.2.6 Aclimatização	29
3.2.7 Análise estatística	30
3.3 MICROMORFOLOGIA - TRICOMAS GLANDULARES FOLIARES....	30
3.3.1 Microscopia eletrônica de varredura	30
3.3.2 Histoquímica	32
3.4 ÓLEOS ESSENCIAIS.....	32
3.4.1 Extração do óleo essencial	32
3.4.2 Análise dos componentes químicos	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS.....	35

4.1.1	Germinação in vitro.....	35
4.1.1.1	Mixoespermia.....	36
4.1.2	Meios de Cultura.....	37
4.1.3	Multiplicação de brotos.....	39
4.1.4	Enraizamento.....	40
4.1.5	Aclimatização.....	43
4.2	TRICOMAS GLANDULARES FOLIARES.....	45
4.2.1	Micromorfologia dos tricomas glandulares.....	45
4.2.2	Análise histoquímica.....	50
4.3	ÓLEOS ESSENCIAIS.....	54
4.3.1	Obtenção e rendimento.....	54
4.3.2	Identificação e quantificação dos compostos químicos.....	55
4.3.3	Perspectivas terapêuticas.....	61
5	CONCLUSÕES	63
6	REFERÊNCIAS	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Dados referentes às coletas de material botânico de <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth. destinados à análise dos tricomas glandulares, histoquímica e extração de óleo essencial.....	31
Tabela 2	Efeito de diferentes concentrações de ácido giberélico (GA3) na germinação de sementes de <i>Hyptis pycnocephala</i> . Taxa de germinação (%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e taxa de contaminação de sementes de <i>H. pycnocephala</i> submetidas a diferentes concentrações de GA3. Em T1, as sementes foram apenas descontaminadas. Em T2, após descontaminação, as sementes permaneceram 24 h em água. De T3 a T6, após descontaminação, as sementes permaneceram 24 h em solução com diferentes concentrações de GA3.....	35
Tabela 3	Médias da altura de parte aérea (H) e do número de folhas (NF) em <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth. em contato com diferentes formulações para meios de cultura. Em T1, tratamento controle com Gellex® e água; em T2, preparo de meio com Murashige and Skoog com metade das concentrações (MS ½), em T3 preparo de meio com Murashige and Skoog (MS) e T4 preparo de meio Lloyd & McCown Woody Plant Basal Medium.....	38
Tabela 4	Varição do número médio de brotos e da ocorrência de raiz em <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth. em meio com diferentes concentrações de 6-Benzilaminopurina (BAP) durante 4 semanas.....	39
Tabela 5	Resposta de <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth. à diferentes concentrações de ácido naftalenoacético (ANA), mensurada por meio das quantidades médias de raiz e pela formação de calos. Dados do Teste de Enraizamento 01.....	41
Tabela 6	Resposta de <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth. à diferentes concentrações de ácido naftalenoacético (ANA), mensurada por meio das quantidades médias de raiz e pela formação de calos. Dados do Teste de Enraizamento 02.....	41
Tabela 7	Sobrevivência dos indivíduos de <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth. durante a etapa de aclimatização variando as proporções entre substrato comercial Terral Solo® (S), terra de barranco (T) e areia (A) e o tamanho de raízes Pequena < 1 cm (P), Média 1 cm < raiz < 4 cm (M) e Grande > 4 cm (G).....	44
Tabela 8	Crescimento médio de indivíduos de <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth. para a aclimatização variando as proporções entre substrato comercial Terral Solo® (S), terra de barranco (T) e areia (A) e o	

	tamanho de raízes Pequena < 1 cm (P), Média 1 cm < raiz < 4 cm (M) e Grande > 4 cm (G).....	44
Tabela 9	Descrição morfológica dos tricomas glandulares capitados presentes em folhas cultivadas in vitro, ex vitro e campo de <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth.....	46
Tabela 10	Localização de tricomas glandulares capitados nas amostras provenientes de coletas no campo (CC), do cultivo in vitro (CV), ex vitro: plantas aclimatizadas (PA) e plantas cultivadas no solo, após 30 dias de aclimatizadas (CS) de <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth.....	47
Tabela 11	Histoquímica dos tricomas glandulares presentes nas folhas de <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth.....	50
Tabela 12	Peso das folhas de <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth. destinadas a extração do óleo essencial e os respectivos rendimentos associados a diferentes locais de coleta.....	54
Tabela 13	Concentração dos compostos que compõem o perfil químico do óleo essencial de <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth. partir de material botânico coletado em diferentes ambientes.....	56
Tabela 14	Concentração dos compostos identificados no óleo essencial de <i>Hyptis pycnocephala</i> Benth. considerados atípicos ao perfil químico da planta.....	59

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Inflorescências de *Hyptis pycnocephala*. (A) Área de campo sujo no município de Cavalcante, GO, com *H. pycnocephala* em destaque. (B) Vista ampla da mesma área, evidenciando a planta em seu habitat natural. (C) Detalhe da inflorescência. Fonte: Chaga, L.T., 2021..... 20
- Figura 2** Destilação do óleo essencial. (A) Aparelho de hidrodestilação de óleo essencial tipo Clevenger, onde o fluxo de vapor sobe pela coluna e é condensado no condensador, resultando em um fluxo de óleo essencial e hidrolato. (B) Separação dos órgãos vegetais da espécie *Hyptis pycnocephala* destinados à obtenção do óleo essencial, com caules à esquerda e folhas e flores à direita. Fonte: Chaga, L.T., 2022..... 33
- Figura 3** Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de *Hyptis pycnocephala*. (A) Germinação de sementes em placa de Petri sob papel de germinação, após 24 h em solução com 144,5 µM de ácido giberélico (GA3). (B) Desenvolvimento de plântulas em frasco contendo 6 mL de meio de cultura MS. Fonte: Chaga, L.T., 2022..... 36
- Figura 4** Presença de mucilagem em sementes de *Hyptis pycnocephala*. A imagem mostra a formação de uma camada de mucilagem em sementes de *H. pycnocephala* após permanecerem em água por 24 h. A mucilagem, que é uma substância gelatinosa, envolve todas as sementes. Fonte Chaga, L.T., 2022..... 37
- Figura 5** Enraizamento in vitro e aclimatização de *Hyptis pycnocephala*. (A-B) Desenvolvimento de raízes in vitro sem suplementação de ácido naftalenoacético (ANA). (C) Estabelecimento prévio em meio de cultura WPM antes da aclimatização. (D) Desenvolvimento de raízes em plantas aclimatizadas. (E) Floração das mudas após 2 meses de aclimatização. Fonte: Chaga, L.T., 2022..... 42
- Figura 6** Calogênese e aspecto de raiz em *Hyptis pycnocephala* Benth. submetidas a concentração de 5,37 µM de ácido naftalenoacético (ANA). Fonte: Chaga, L.T., 2022..... 43
- Figura 7** Lâmina foliar de *Hyptis pycnocephala* Benth. e diferentes tipos de tricomas glandulares. A. Tricoma capitado tipo II, face abaxial; B. Tricoma peltado; C. Peltado (seta curta) e capitado, tipo III (seta longa) e tipo VI (estrela), face abaxial, amostra aclimatizada; D. Capitado tipo II (seta) e tipo VI (estrela), face adaxial, coleta em campo; E. Peltado, face abaxial, 30 dias em solo; F. Capitado tipo II, detalhe, face adaxial, 30 dias em solo; G. Peltado (seta curta) e capitado tipo I (seta longa), face adaxial, cultivo in vitro; H.

Capitado tipo I, detalhe, face adaxial, cultivo in vitro. Fonte: Faria, M. T., 2022..... 48

Figura 8 Eletromicrografia da lâmina foliar de *Hyptis pycnocephala* Benth. (A-F) e esquema ilustrativo dos tricomas glandulares (G-M). **A.** Tricoma peltado, face adaxial, cultivo in vitro; **B.** Tricoma peltado, face abaxial, cultivo in vitro; **C.** Tricoma peltado (seta curta) e capitado tipo I (seta longa), face adaxial, amostra aclimatizada; **D.** Tricoma peltado, detalhe, face adaxial, amostra aclimatizada; **E.** Tricoma peltado (seta curta) e capitado tipo I (seta longa) face abaxial, coleta em campo; **F.** Capitado tipo I, detalhe, face abaxial, coleta em campo; **G.** Tricoma peltado; **H.** Capitado tipo I; **I.** Capitado tipo II; **J.** Capitado tipo III; **K.** Capitado tipo IV; **L.** Capitado tipo V; **M.** Capitado tipo VI. Fonte: Faria, M. T., 2022..... 49

Figura 9 Análises histoquímicas dos tricomas glandulares peltados (A-F) e glandulares capitados morfotipos I, II e VI (G-M) presentes na lâmina foliar de *Hyptis pycnocephala* Benth.. **A.** Reação positiva para compostos fenólicos; **B.** Reação positiva para compostos fenólicos; **C.** Reação positiva para compostos fenólicos; **D.** Reação positiva para lipídios totais; **E.** Reação positiva para lipídeos totais; **F.** Reação positiva para óleos essenciais; **G.** Tricoma capitado tipo I, positivo para lipídios totais; **H.** Tricoma capitado tipo I, positivo para lipídeos totais; **I.** Tricoma capitado tipo I, positivo para óleos essenciais; **J.** Tricoma capitado tipo II, positivo para compostos fenólicos; **K.** Tricoma capitado tipo II, positivo para lipídios totais; **L.** Tricoma capitado tipo II, lipídeos totais; **M.** Tricoma capitado tipo VI, positivo para lipídios totais. Fonte: Faria, M. T., 2022..... 53

Figura 10 Variação entre os principais compostos secundários presentes no óleo essencial de *Hyptis pycnocephala* Benth. cultivada em diferentes ambientes. Fonte: Chaga, L.T., 2022..... 58

RESUMO

CHAGA, L. T. **Micropropagação, caracterização dos tricomas glandulares foliares e análise da composição química dos óleos essenciais de *Hyptis pycnocephala* Benth. (Lamiaceae)** 2023. 82 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2023.¹

Hyptis pycnocephala Benth. é uma espécie nativa e endêmica do Brasil, distribuída nos cerrados de Tocantins e Goiás. Conhecida pela comunidade tradicional Kalunga como “alecrim-do-campo”, é utilizada no tratamento de doenças respiratórias e distúrbios gastrointestinais. A espécie está ameaçada devido ao desmatamento e fragmentação de seu habitat natural. Neste contexto, este trabalho teve como objetivos desenvolver um protocolo de micropropagação, caracterizar a micromorfologia foliar e analisar os componentes do óleo essencial da espécie. O material vegetal foi coletado no município de Cavalcante, GO. As sementes de *H. pycnocephala* foram descontaminadas e submetidas a testes de germinação in vitro com diferentes concentrações de ácido giberélico (GA3). As plântulas obtidas foram usadas para testar o melhor meio de cultura para o estabelecimento in vitro: MS, MS½ e WPM. Para a multiplicação, foi testada a influência da citocinina 6-benzilaminopurina (BAP) e diferentes concentrações da auxina ácido naftalenoacético (ANA) para o enraizamento. Na aclimatização, foram testados substratos com diferentes proporções de terra de barranco, substrato comercial e areia. As análises micromorfológicas foram realizadas com técnicas usuais de anatomia vegetal. O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger e os constituintes identificados por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas. A germinação in vitro apresentou melhores resultados com 144,5 µM de GA3. Para o estabelecimento in vitro, o meio WPM foi o mais eficiente. A multiplicação de brotos foi incrementada com 6,66 µM de BAP, e para o enraizamento não foi necessário o uso de auxinas. Na aclimatização, não houve diferenças significativas entre os substratos, porém, raízes com menos de 1 cm apresentaram desempenho inferior. Observou-se diversidade morfológica e histoquímica nos tricomas glandulares nas folhas de *H. pycnocephala*, tanto nas plantas de campo quanto nas micropropagadas, identificando-se dois tipos principais: peltados e capitados, sendo descritos seis tipos entre os capitados. Houve variação nos rendimentos e na composição química do óleo essencial entre folhas coletadas no campo e as micropropagadas. Os óleos essenciais foram predominantemente compostos por monoterpenos e sesquiterpenos, com endo-fenchol, α-pineno e β-cariofileno como principais constituintes. Plantas cultivadas in vitro revelaram rendimentos superiores e compostos novos, como dauca-4 (11), 7-dieno e δ-3-Carene, além de aumento nos índices de β-cariofileno e endo-fenchol. Esses resultados promissores subsidiam futuras pesquisas sobre propriedades medicinais e aplicações comerciais, além de contribuir para a conservação de *H. pycnocephala*.

Palavras-chave: Cerrado, cultura de tecidos vegetais, micromorfologia, terpenos.

¹Orientador: Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov. ICB-UFG.

¹Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Tereza Faria. PPGGMP-UFG.

¹Coorientador: Prof. Dr. José Realino de Paula. FF-UFG.

ABSTRACT

CHAGA, L. T. **Micropropagation, characterization of leaf glandular trichomes and analysis of the chemical composition of essential oils from *Hyptis pycnocephala* Benth. (Lamiaceae)** 2023. 82 f. Dissertation (Master in Genetics and Plant Improvement) – School of Agronomy, Federal University of Goiás, Goiânia, 2023.¹

Hyptis pycnocephala Benth., is a native and endemic species of Brazil, with distribution in the cerrados of Tocantins and Goiás, in this, it is restricted to the region of Chapada dos Veadeiros. It is known by the traditional Kalunga community as “alecrim-do-campo”, and is used in the treatment of respiratory diseases and gastrointestinal disorders. The species is endangered due to deforestation and fragmentation of its natural habitat, the Cerrado. In this context, the objectives of this work were: to develop a micropropagation protocol, to characterize the leaf micromorphology and the essential oil components of the species. The plant material was collected in the municipality of Cavalcante, GO. *H. pycnocephala* seeds were decontaminated and used in in vitro germination tests with different concentrations of gibberellic acid (GA3). The seedlings obtained were used to test the media for in vitro establishment, between MS media; MS^{1/2}; WPM. For multiplication, the influence of cytokinin 6-benzylaminopurine (BAP) and different concentrations of auxin naphthaleneacetic acid (NAA) for rooting was tested. For acclimatization, substrates with different amounts of gully soil, commercial substrate and sand were tested. For the micromorphological analyses, the usual techniques of plant anatomy were used. The essential oil was extracted by hydrodistillation in a Clevenger type apparatus and the constituents were identified by gas chromatography coupled to mass spectrometry. In vitro germination has better results with 144.5 µM GA3. For in vitro establishment, the WPM medium proved to be the best. For shoot multiplication, the use of 6.66 µM of BAP is indicated and for rooting, the use of auxins is not necessary. For acclimatization, there were no significant differences for the substrate, however, roots with less than 1 cm provided lower performances. A morphological and histochemical diversity was observed in the glandular trichomes present in the leaves of *H. pycnocephala*, both in field and micropropagated plants. Two types have been identified: peltado and capitate. Among the capitates, six types have been described. Different essential oil yields and chemical composition were obtained between leaves collected in the field when compared to micropropagated ones. Essential oils were mainly made up of monoterpenes, sesquiterpenes. The major compounds are endo-fenchol, α-pinene and β-caryophyllene both in samples from micropropagation and those collected in nature. Plants from in vitro cultivation showed higher yields compared to other samples and new compounds such as Dauca-4 (11), 7-diene and δ-3-Carene and increased levels of β-caryophyllene and endo-fenchol. These promising results will support future research on medicinal properties and commercial applications, in addition to contributing to the conservation of *H. pycnocephala*.

Keywords: Cerrado, plant tissue culture, micromorphology, terpene.

¹**Adviser:** Prof. Dr. Sérgio Tadeu Sibov. ICB-UFG.

¹**Co-advisor:** Prof.^a Dr.^a Maria Tereza Faria. PPGGMP-UFG.

¹**Co-advisor:** Prof. Dr. José Realino de Paula. FF-UFG.

1 INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul em extensão (2 milhões de km²) essencialmente no Brasil. Está presente em 23% do território superado em área apenas pela Amazônia (Borghetti et al., 2023). Considerado um *hotspot* caracteriza-se por conter a savana mais biodiversa do mundo e elevado grau de endemismo (Martinelli et al., 2014). No entanto, o endemismo expõe essas espécies ao risco de extinção devido a destruição de seus habitats (Ribeiro et al., 2022). Atualmente, menos de 1,1 milhão de km² ainda é coberto por vegetação nativa. Desprovida de reconhecimento, valorização, proteção e conservação, a vegetação nativa do Cerrado encontra-se entre as mais modificadas e ameaçadas por ações antrópicas, sendo a intensificação dos desmatamentos pela expansão agrícola uma das principais causas (MAPBiomias; 2020, 2021; Borghetti et al., 2023).

A sua flora é rica em plantas medicinais e aromáticas que, por possuírem compostos bioativos apresentam elevado potencial para utilização em indústrias de cosméticos, alimentos, fármacos (Salomão et al., 2019; Rocha et al., 2022). Fazendo parte dessa riqueza biodiversificada, encontramos as espécies da família Lamiaceae, em especial subfamília Nepetoideae (Flora e Funga do Brasil, 2020). Dentre os sete gêneros endêmicos de Lamiaceae, seis localizam-se no Cerrado (Martinelli et al., 2014).

A família compreende cerca de 7.280 espécies, distribuídas em 258 gêneros (Stevens, 2020). Para plantas dessa família botânica têm sido relatadas diversas propriedades medicinais, abrangendo propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias, antifúngicas, citotóxicas, anti-HIV, analgésica, inseticida, larvicida, entre outras (Bridi et al., 2021; Stevens, 2023). Dentre os gêneros, cabe destaque para *Hyptis* Jaq., que possui cerca de 145 espécies, das quais 75 são endêmicas para o Brasil, exibindo grande diversidade morfológica na região do Cerrado (Harley & Antar et al., 2020).

As propriedades medicinais são sustentadas por meio da identificação das estruturas secretoras de substâncias, denominadas tricomas glandulares foliares, e respectiva constituição química (Bridi et al., 2021; Evert, 2013). A aplicabilidade terapêutica dos óleos essenciais pode ser evidenciada determinando e quantificando suas moléculas, como os

terpenos (Botrel et al., 2010; Oliveira et al., 2011). Neste contexto, se fazem necessárias medidas de conservação para espécies potencialmente vulneráveis, como as do gênero *Hyptis* encontradas no Cerrado (Carvalho, 2019).

Mais da metade das espécies de *Hyptis* são endêmicas e algumas delas fazem parte do Livro Vermelho da Flora do Brasil: *Hyptis arenaria* Benth., *H. frondosa* S. Moore, *H. hamatidens* Epling & Játiva, *H. pachyphylla* Epling, pertencem ao bioma Cerrado e estão classificadas como vulneráveis (Harley & França, 2009; Harley & Antar, 2023; Martinelli et al., 2014; BFG, 2020). Algumas plantas do gênero também são reconhecidas pela etnofarmacobotânica, propriedades medicinais que podem estar atreladas aos efeitos dos óleos essenciais. Vale ressaltar que apenas 20% das espécies estão descritas na literatura para este fim (Sedano-Partida et al., 2020).

Entre as espécies nativas e endêmicas do Brasil, *Hyptis pycnocephala*, com ocorrências restritas na região Norte (Tocantins) e Centro-Oeste (Goiás) (Harley & Antar, 2020), é conhecida pela comunidade quilombola Kalunga (Cavalcante-GO) como “alecrim-do-campo”. Ela é usada na forma de chás e infusões no tratamento de doenças respiratórias e distúrbios gastrointestinais, além de rituais de benzeção, o que tem levado a uma intensa pressão sobre as populações naturais (Ferreira, 2010). Assim, como para as demais espécies vegetais, o desmatamento, a fragmentação de habitats e a urbanização causam impactos considerando que a maioria é desconhecida do ponto de vista científico, poucas dispõem de estudos fitoquímicos e uma porcentagem ainda menor possui aspectos biológicos avaliados (PPCerrado, 2018; Castro & Figueiredo, 2019).

Compostos de origem vegetal direcionam pesquisas como fontes alternativas e ecologicamente corretas desses metabólitos (Benelli & Pavela, 2018). O reconhecimento da bioatividade é vinculado à segurança. Entretanto, lacunas em sua aplicabilidade ainda precisam ser preenchidas. Extração, produção em escala comercial, concentração e idoneidade da fórmula são alguns desafios a se enfrentar (Isman, 2017).

Visando minimizar o impacto do extrativismo predatório que levou a ameaça da diversidade genética de espécies medicinais, tentativas de propagação *ex situ* para manejo e domesticação são prioritárias (Souza & Felfili, 2006; Sarropoulou & Maloupa, 2019). Dentre as técnicas, o cultivo *in vitro*, tornou-se uma alternativa, pois propicia manutenção da integridade genética e produção de centenas de mudas em espaço reduzido. Estabelecendo um protocolo, é possível conduzir a extração de metabólitos secundários, como óleos essenciais, em condições padronizadas (Engelmann, 2011; Cid, 2014).

Nesse contexto, os objetivos deste estudo foram: estabelecer um protocolo de propagação *in vitro* (micropropagação) da espécie, caracterizar os tricomas glandulares foliares e analisar a composição química dos óleos essenciais de *Hyptis pycnocephala*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O CERRADO

O Cerrado é uma savana megadiversa que recebe destaque mundial e, segundo o Ministério do Meio Ambiente, abriga 11.627 mil espécies de plantas nativas já catalogadas. Esta diversidade também revela elevado endemismo. A cobertura vegetal do Cerrado também contribui para a manutenção das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata). Como um dos 25 *hotspots* do mundo, o Cerrado tem como característica a abundância de diversidade biológica em vulnerabilidade (Medeiros, 2011; Santos et al., 2018; Marques et al., 2022; Muniz et al., 2022; MMA, 2023). Atualmente, apenas 8,5% da área é protegida. Em 2021, a média de desmatamento chegou a 1.371 ha por dia, sendo considerado um bioma sob forte ameaça (MAPBiomias, 2021; Viani et al., 2022).

Quanto a classificação, o Cerrado pode ser dividido em três fitofisionomias principais: formações florestais, savânicas e campestres (Batalha, 2011; Ribeiro et al., 2021). As formações florestais têm predomínio de vegetação arbórea de dossel contínuo; nas savanas se distribui aleatoriamente densidade arbórea e arbustivo-herbáceo, já as formações campestres são compostas por espécies rasteiras, arbustivas e arbustiva-herbácea (Ribeiro & Walter, 2008). A flora possui muita biodiversidade ainda não estudada em relação à propriedades físico-químicas enfatizando a importância de sua preservação (Filho et al., 2018).

O Cerrado faz jus a mais políticas ambientais de aceitação e de relevância, tendo em vista que práticas de conservação ainda são impopulares. Em 2019, a ONU declarou a década de 2021-2030 como a década da restauração de ecossistemas, essa resolução visa organizar iniciativas e incentivar apoios de governos, empresas, agricultores e sociedade que buscam reverter a degradação (ONU, 2019). Neste contexto, o Cerrado é considerado estratégico, pois faz divisa com todos os domínios brasileiros, estando representado em

estados do Nordeste, Centro-Oeste e Sudoeste (Ribeiro & Walter, 2008; Filho & Castro, 2019).

2.2 ASPECTOS GERAIS DA FAMÍLIA LAMIACEAE

Também conhecida como Labiatae ou “família das hortelãs”, é representada por espécies de uso medicinal, condimentar e ornamental, em vista do aroma que as folhas e flores promovem. É a sexta maior família dentre as angiospermas, com 258 gêneros. Dentre alguns de maior ocorrência estão *Salvia* L., *Scutellaria* L., *Hyptis* e *Plectranthus* L’Hér. São 7.193 espécies das quais são comuns de uso popular a *Mentha spicata* L. (menta), *Origanum vulgare* L. (orégano), *Origanum majorana* L. (manjerona), *Melissa officinalis* L. (erva-cidreira) e *Rosmarinus officinalis* L. (alecrim) (Harley et al., 2004a; Karpinski, 2020; Michel et al., 2020; Sedano-Partida et al., 2020; Stevens, 2023).

Parte das Lamiaceae pertencem a subfamília Nepetoideae sendo considerada a mais diversa por conter 3.400 espécies. Uma de suas características é a incidência de tricomas glandulares produtores de óleos essenciais e a presença de núculas mucilaginosas (Judd et al., 2009; Harley & Pastore, 2012; Zhao et al., 2021).

Suas espécies são comuns em regiões montanhosas e em climas tropicais ou subtropicais e, no Brasil, ocorrem em todos os biomas (Flora e Funga do Brasil, 2023; Harley et al., 2004). Algumas já foram catalogadas e possuem utilidade medicinal (Trindade et al., 2016; Karpinski, 2020) com efeitos antiparasitário, bactericida, antineoplásico, cicatrizante, anticonvulsivante, antidepressivo, anti-inflamatório e relaxante muscular (Michel et al., 2020; Puentes et al., 2020; Ferreira et al., 2021; Vasconcelos et al., 2021; Silva et al., 2022). Há ainda um potencial de atividade de repelência e inseticida (Ebadollahi et al., 2020).

A aplicação medicinal dessas espécies é geralmente atribuída às folhas, onde são encontradas maiores quantidades dos compostos ativos e que, em sinergismo, podem promover o efeito (Alves et al., 2017; Bezerra et al., 2017). Não obstante, o extrativismo indiscriminado e o uso inadequado destes recursos genéticos vegetais podem ocasionar fragmentação de ambientes, perda da variabilidade genética e limitar a descoberta de novos compostos (Feitosa-Alcantara et al., 2017). Espécies de Lamiaceae também são fontes para ornamentação e fabricação de cosméticos, perfumes, pomadas, enxaguatórios bucais, temperos e medicamentos (Karpinski, 2020; Zhao et al., 2021).

2.2.1 Gênero *Hyptis* Jacq.

O gênero *Hyptis* ocorre em regiões tropicais da África e América. O Brasil é considerado importante centro de diversidade do gênero e da família Lamiaceae pelo alto número de espécies. Porém, o nível de exploração botânica ainda é considerado baixo. O gênero apresenta muita variabilidade na forma vegetativa e no hábito, todavia a estrutura floral é uniforme como é o caso da corola, que não sofreu mudanças muito significativas ao longo do tempo (Epling, 1949; Pedroso et al., 2017).

O gênero varia de arbustos, subarbustos, herbáceas, predominantemente caules ou ervas perenes, muitas vezes caule lenhoso; flores raramente solitárias e opostas (Epling, 1949; Flora e Funga do Brasil, 2023). Os frutos são classificados como núculas, frutos simples, secos e indeiscentes cujas sementes se encontram presas ao pericarpo. Algumas espécies de *Hyptis*, ao umedecer as sementes, formam uma película gelatinosa composta por polissacarídeos ácidos e neutros (Epling, 1949; MAPA, 2009; Praznik et al., 2017).

A classificação dessas espécies é difícil uma vez que exemplares podem ser escassos, o ideal é que esta seja feita durante o florescimento e maturação dos frutos. Gêneros como *Raphiodon* Schauer, *Eriope* Bonpl. ex Benth. e *Marsypianthes* Mart. ex Benth., considerados afins a *Hyptis*, apresentam relações filogenéticas capazes de contribuir para a identificação. Botânicos como Pohl, Saint-Hilaire, e Martius deram nome a diversas espécies, mas acredita-se que o mérito se deve a George Bentham, a primeira monografia da família (Epling, 1949).

Hyptis pycnocephala é uma erva anual, nativa e endêmica do Brasil. Sua ocorrência é limitada aos estados de Tocantins e Goiás. Homotípico *Mesosphaerum pycnocephalum* (Benth.) Kuntze, também é conhecida como alecrim-do-campo, pelos povos Kalungas. Morfoanatomicamente se caracteriza por ramos com 20 a 50 cm de altura; folhas opostas de margem crenada bastante pilosa, aspecto também comum aos entrenós. O receptáculo floral sustenta cálices ligeiramente pilosos envolvidos por brácteas lanceoladas. A inflorescência do tipo capítulo subgloboso abriga corola roxa, lilás ou rosada. A núcula ovóide de 2 mm apresenta superfície lisa e coloração castanha à negra (Epling, 1949; Harley et al., 2004; Flora e Funga do Brasil, 2023) (Figura 1).

Espécies como *H. crenata* Pohl ex Benth., *H. dilatata* Benth., *H. conferta* Pohl ex Benth., *H. atrorubens* Poit., *H. passerina* Mart., *H. platanifolia* Mart. e *H. brevipes* Poit.

possuem atividade anti-inflamatória, antitumoral, antioxidante, antimicrobiana e podem auxiliar no tratamento de doenças como o Alzheimer (Rebelo et al., 2009; Tafurt-Garcia et al., 2015; Raju & Sabitha, 2017; Figueiredo et al., 2018; Fernandes & Scapin, 2020). Além disso, algumas espécies podem promover efeito alelopático frente a competitividade (Quevedo et al., 2013).

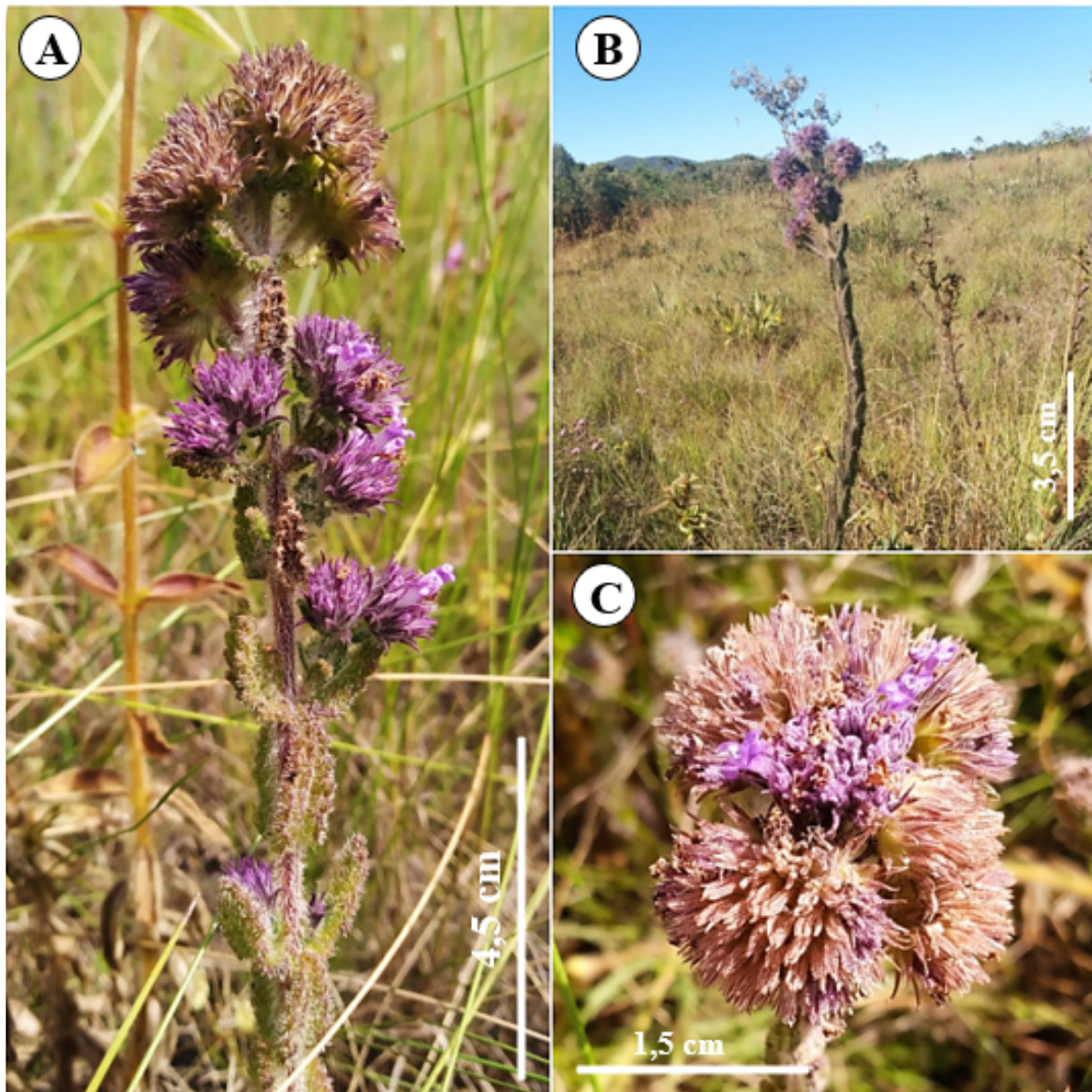


Figura 1. Inflorescências de *Hyptis pycnocephala*. (A) Área de campo sujo no município de Cavalcante, GO, com *H. pycnocephala* em destaque. (B) Vista ampla da mesma área, evidenciando a planta em seu habitat natural. (C) Detalhe da inflorescência. Fonte: Chaga, L.T., 2021.

2.3 CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS

A cultura de tecidos vegetais é uma área da biotecnologia altamente promissora pois usufrui da capacidade de totipotência das células vegetais responderem a estímulos hormonais *in vitro*. A técnica utiliza um fragmento de tecido vegetal, denominado explante, como material inicial, para originar novos órgãos, embriões somáticos ou plantas inteiras por meio da regeneração *in vitro* (Lameira, 2000; Andrade, 2002; Santos et al., 2018). Sua contribuição para conservação é estratégica, pois possibilita ferramentas de conservação de germoplasma, como a criopreservação, além de produzir mudas de espécies nativas e reintroduzi-las em seu habitat natural (Sarropoulou & Maloupa, 2019).

A micropropagação é uma das técnicas da cultura de tecidos vegetais. É uma alternativa eficiente para aumentar a produção de mudas em curto prazo, independente de fatores sazonais e com qualidade fitossanitária. A definição de um protocolo de estabelecimento *in vitro* conta com quatro etapas básicas: estabelecimento por meio de sementes, gemas ou material vegetal de matrizes selecionadas; indução de novas brotações; enraizamento e aclimatização. A micropropagação pode ser aplicada para quebra de dormência, multiplicação e conservação de espécies ameaçadas (Nunes et al., 2021).

Para plantas medicinais, pode favorecer o aumento da biomassa vegetal e facilitar a obtenção de substâncias biologicamente ativas, produtos do metabolismo secundário (Santos et al., 2018). A padronização de mudas, otimização de tempo e do volume vegetal obtidos com a micropropagação, desperta interesse da indústria farmacêutica. Em relação à conservação *in vitro*, protocolos visando o crescimento mínimo reduzem as manutenções com repicagens, e podem manter as plantas por longos períodos na Sala de Crescimento. Protocolos de criopreservação deste material *in vitro* também são muito utilizados. Entretanto, o trabalho com cultura de tecidos também é um ambiente estressante para o tecido vegetal. Cuidados devem ser tomados no desenvolvimento dos protocolos e uma observação constante do material *in vitro* podem evitar que este estresse não cause mutações ou efeitos epigenéticos conhecidos com variações somaclonais (Santos et al., 2021a; Lopes et al., 2023).

Alguns fatores são considerados críticos para o sucesso dessa técnica. O genótipo da espécie, tipo de explante, ingredientes do meio de cultura, tipo e concentração de fitohormônios, quantidade de luz e a temperatura da Sala de Crescimento, determinam o potencial da propagação (Cid, 2014; Santos et al., 2018). Por influenciar na contaminação in

vitro, a idade do vegetal também deve ser considerada uma vez que explantes em fase juvenil apresentam menores índices de infestação por fungos e bactérias comparado àqueles na fase adulta. Detergentes, hipoclorito de sódio e etanol 70% podem ser reagentes de notável capacidade germicida (Nunes et al., 2021).

2.4 TRICOMAS GLANDULARES FOLIARES

As estruturas secretoras das plantas respondem a uma relação com o ambiente. Tricomas glandulares, um desses apêndices epidérmicos, desempenham tanto função de proteção química quanto de barreira física. São compostos por base, pedúnculo e cabeça, se caracterizando em peltados e capitados. Não obstante, a variedade de espécies vegetais, genótipos, formas, composição química e número de células confere complexidade quanto a classificação. Comumente localizados em primórdios foliares, em especial na face adaxial, podem exercer papéis variados conforme o ambiente. Em plantas típicas do Cerrado, por exemplo, favorecem a proteção contra a alta incidência luminosa (Passinho-Soares et al., 2017; Tozin & Rodrigues, 2017; Franco & Albeiro, 2018; Wang et al., 2021).

Em razão da interação planta-ambiente, os tricomas podem favorecer a absorção da umidade atmosférica, tolerância a baixas temperaturas e resposta ao déficit ou estresse hídrico. Eles conferem ainda capacidade de repelência por meio de substâncias tóxicas ou alteração de sabor nas folhas, o que contribui massivamente para resistência frente a insetos e patógenos (Passinho-Soares et al., 2017; Wang et al., 2021). É possível afirmar que existe ligação direta entre a função exercida no vegetal e a composição química da secreção originada em um tricoma (Martinez-Natarén et al., 2018).

Os compostos químicos da secreção também podem ter uma relação taxonômica. Em Lamiaceae, os exsudatos podem variar entre mono, sesqui, di e triterpenos e, em *Hyptis* sugerem sua capacidade aromática. A liberação da secreção via poros, difusão ou ruptura é justificada pela constatação visual da cutícula de cabeça rompida, mas a forma de liberação pode mudar conforme a morfologia (Bisio et al., 1999; Tozin & Rodrigues, 2017; Franco & Albeiro, 2018; Kalicharan et al., 2018).

Apesar do destaque para o fator espécie e ambiente na influência da morfologia e densidade dos tricomas, o cultivo in vitro também pode ocasionar interferências. Condições laboratoriais como temperatura, luminosidade e umidade precisam ser avaliados para estabelecimento de um protocolo (Kalicharan, et al., 2018; Martinez-Natarén et al.,

2018; Silva et al., 2021). Além disso, o uso de reguladores de crescimento é capaz de mudar a densidade dessas estruturas. Citocininas, giberelinas e o ácido jasmônico, contribuem para expressar o gene responsável pela formação dos tricomas. Estudos sugerem que o etileno e o ácido salicílico podem promover a ramificação de tricomas (Muthukumaran et al., 2016; Fambrini & Pugliesi, 2019; Wang et al., 2021; Zong-You Lv et al., 2021).

2.5 USO MEDICINAL DE PLANTAS E DE SEUS METABÓLITOS SECUNDÁRIOS

O aumento da expectativa de vida e a busca pelo envelhecimento sadio elevou a demanda por alternativas complementares à saúde, em especial para o tratamento de doenças crônicas como osteoporose e hipertensão. O alto preço dos medicamentos sintéticos e a tendência crescente do uso de produtos naturais também contribuíram na busca por fitoterápicos (Sá et al., 2020; Silva et al., 2020).

Esses medicamentos já são preconizados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e, no Brasil, são institucionalizados pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Políticas Nacionais de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) recomendam a fitoterapia como opção terapêutica e o Memento Fitoterápico contribui para orientação dos profissionais prescritores (Brasil, 2012; Brasil, 2016). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) elaborou o Formulário da Farmacopeia Brasileira só para discorrer a respeito de segurança e manipulação de farmácias vivas (Brasil, 2006; Brasil, 2011). No entanto, sua aplicação ainda é muito incipiente.

Profissionais da saúde não costumam prescrever esses medicamentos, seja por defasagem curricular ou obscurantismo (Teixeira, 2006; Borges & Sales, 2018; Santos & Rezende, 2019). Em contrapartida, a automedicação e o senso comum de que servem para “todos os males”, fazem jus a uma precaução pois podem causar interações medicamentosas, efeitos adversos, alergias e intoxicações (Arruda, 2020; Florencio et al., 2020; Junior et al., 2020; Paula & Santos, 2020).

Os responsáveis por promover efeitos terapêuticos são denominados metabólitos secundários, visto que nem todas as plantas os produzem, podem ser mencionados como metabólitos especiais. Acredita-se que a síntese desses compostos se iniciou há milhares de anos em resposta dos vegetais ao aumento nos índices de oxigênio. Com o tempo, ampliaram suas funções ecológicas como atração de polinizadores, sobrevivência a predadores e patógenos, competitividade e resposta a outros estressores ambientais, como luminosidade

(Menezes Filho & Castro, 2019; Maleck et al., 2021). Esses metabólitos podem ser agrupados em 3 categorias majoritárias: terpenos, compostos fenólicos e alcaloides. Estudos fitoquímicos são direcionados para identificar e elucidar tais substâncias, analisando os seus componentes em nível molecular (Shahidi, 1997; Vizzotto et al., 2010).

Os terpenos são compostos voláteis, agrupados em unidades isoprênicas, isto é, grupos de 5 carbonos, as principais classes são os monoterpenos e os sesquiterpenos, constituídos por 10 e 15 carbonos (duas e três unidades isoprênicas) respectivamente (Taiz et al., 2017). São os principais compostos dos óleos essenciais e nos vegetais induzem a produção de fitoalexinas e fitohormônios importantes como ácido abscísico e brassinosteróides. Adicionalmente, são precursores de fármacos. Sua capacidade gastroprotetora, cardioprotetora, hepatoprotetora, anticancerígena e até antidiabética, suscitam as pesquisas nessa área (Vizzotto et al., 2010; Scavroni et al., 2013; Rodrigues et al., 2020; Sousa et al., 2023a).

Os compostos fenólicos são responsáveis pela polinização, dispersão e proteção de injúrias e raios UV, em contrapartida, revelam um potencial para originar ansiolíticos, antioxidantes e antihiperlipidêmicos. Os alcaloides promovem a defesa contra herbivoria, seu caráter alcalino gera intoxicações a nível neurológico, todavia, eles já deram origem a substâncias como morfina e cafeína (Vizzotto et al., 2010; Penido & Andrade et al., 2023; Taiz et al., 2017).

2.5.1 Eficácia dos terpenos

Por ser encontrada em frutos cítricos comuns como laranja, limão e tangerina uma molécula amplamente discutida é o limoneno (Dias et al., 2020; Siqueira et al., 2020). Junto ao linalol, são terpenos precursores na pesquisa dado sua frequência em óleos essenciais (Alves, 2022). Na literatura bibliográfica referente a tais compostos, destaca-se o efeito antifúngico, que abrange atividades desde o controle de dermatoses fúngicas até atividade moduladora em fungos resistentes a fármacos como cetoconazol e intraconazol (Ponte, 2018; Fontes et al., 2021; Correia et al., 2022).

O terpeno espatulenol aparenta ter um potencial para doenças neurodegenerativas como neuroblastoma e Parkinson devido a uma capacidade de recuperar células danificadas e membranas mitocondriais. Além disso, demonstra ter capacidade de absorção intestinal e permeabilidade na barreira hematoencefálica (Manjima et al., 2021;

Mahalakshmi, 2021). O α -pineno é outra molécula de notório efeito neurológico, o composto é capaz de retardar crises de convulsão e suprimir anormalidade comportamental em distúrbios de esquizofrenia. Estudos também revelaram capacidade cardioprotetora, anti-inflamatória e antitumoral (Hou et al., 2019; Ueno et al., 2019; Zamyad, 2019; Zhang et al., 2020).

O 1,8 cineol, conhecido como eucaliptol, tem uma relação direta com o tratamento de infecções do trato respiratório, incluindo aquelas causadas pelo vírus influenza e o COVID-19, além de ser eficaz para diminuir os sintomas de asma e bronquite (Li et al., 2016; Rodríguez et al., 2022). Outros terpenos como β -pineno, mirceno, endo-fencol e β -bourboneno podem promover atividade antibacteriana, ansiolítica, analgésica e antitumoral (Nasser & Hossain, 2014; Costa, 2017; Wang et al., 2018; Delphi, 2020; Santos et al., 2021b). Contudo, essas atividades não estão somente nos compostos em isolado, o sinergismo do α -pineno, limoneno e β -pineno impede a fusão do envelope viral de SARS COV-2 com a célula hospedeira (Mohamed et al., 2022).

É conhecido que essas moléculas exercem tanto papel na manutenção da vida dos vegetais quanto na capacidade terapêutica, no entanto, essa função nem sempre é correlacionada. O β -ocimene melhora a resposta frente ao predatismo, outrossim, sua eficácia é estudada quanto ao antiparasitismo da *Leishmania* spp. (Pare & Tumlinson, 1997; Farré-Armengol et al., 2017; Aquino, 2020; Sousa et al., 2023b).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os estudos foram conduzidos no Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais (LabCulTive – ICB/EA), Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais (LPPN/FF) e no Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (Crti), da Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, GO. No labCulTive, nos experimentos de estabelecimento *in vitro*, as condições da Sala de Crescimento foram: temperatura constante de 25°C +/- 1°C, umidade relativa de 60%, iluminação por meio de lâmpadas tubulares LED Green Power Philips® com densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (*PPFD - Photosynthetic Photon Flux Density*) média de 43,23 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fotoperíodo de 16 h claro/8 h escuro.

3.1 MATERIAL VEGETAL

Para realização dos experimentos foram coletados indivíduos e sementes de *H. pycnocephala* na estrada para o Engenho do Vão do Moleque, município de Cavalcante – GO (13°39'50.9" S 47°28'33.0" W; altitude 1096 m) em duas datas: 16/08/2021 (inverno) e 27/11/2021 (primavera). Os ramos e inflorescências foram acondicionados em sacos de papel Kraft. Em seguida, as sementes foram retiradas do receptáculo floral por fricção e os ramos acondicionados em freezer a -5° C. Com o uso de peneiras, as sementes passaram por processo de limpeza dos resíduos de corola e poeira. Em seguida, foram acondicionadas em tubos de centrifuga de polipropileno com capacidade de 50 mL e armazenadas em geladeira (8 °C) pelo período médio de um mês até a montagem dos experimentos.

O material botânico foi coletado e processado segundo técnicas usuais em botânica, em seguida foi encaminhado, por meio de excicatas, ao acervo do herbário da Universidade Federal de Goiás. Plantas férteis de *H. pycnocephala* foram identificadas pelo taxonomista Guilherme Medeiros Antar, Universidade Federal do Espírito Santo/UFES – Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas (DCAB) no Herbário da Unidade de Conservação da UFG, Voucher: 71881 e nome popular “alecrim-do-campo”. O projeto foi

cadastrado no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) sob número: A820866.

3.2 CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS

3.2.1 Descontaminação de sementes

Sementes de *H. pycnocephala* foram acomodadas em grupos de 500 unidades em sacos tipo filtro de TNT em formato de sachê (5,5 x 7,0 cm) e imersas em solução de 100 mL de água com duas gotas de detergente comercial sob agitação por 15 min. Em seguida, o detergente foi retirado por meio de enxagues em água corrente. O saco de TNT com as sementes foi novamente imerso em 100 mL de solução de etanol 70% durante 1 min, seguido por submersão em 100 mL de solução de hipoclorito comercial (2,5% de cloro ativo) acrescido de uma gota de Tween 20 por 20 min. Após o processo, em câmara de fluxo laminar, o hipoclorito de sódio foi retirado por meio de seis imersões distintas e sequenciais em água filtrada e autoclavada.

3.2.2 Germinação in vitro

Para o teste de germinação foram coletadas 1.200 sementes, distribuídas em seis tratamentos, cada qual com 200 sementes distribuídas em quatro placas de Petri (90 x 15 mm) sendo 50 sementes/placa, com duas camadas de papel de germinação umedecido com água filtrada e autoclavada. Tratamentos: T1 (controle): as sementes foram distribuídas nas placas logo após a descontaminação; T2 as sementes foram imersas em água destilada e autoclavada por 24 h antes da disposição nas placas. T3, T4, T5 e T6: as sementes foram imersas em solução de 144,5; 289,0; 578,0 e 1156,0 μM de ácido giberélico (GA3), respectivamente, por 24 h antes da disposição nas placas.

Durante 15 dias, as placas de Petri permaneceram em Sala de Crescimento, nas condições indicadas no item 3. O papel de germinação foi mantido sempre úmido por meio de regas diárias com água destilada. Avaliações diárias foram realizadas verificando o número de sementes com protrusão radicular, consideradas germinadas. Foram estimados o Índice de Contaminação (IC), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e Porcentagem de Germinação (PG) (Sampaio et al., 2019).

3.2.3 Meios de Cultura

Para o estabelecimento in vitro, 500 sementes foram descontaminadas e imersas em solução de 144,5 μM de GA3 por 24 h para induzir a germinação. Em câmara de fluxo laminar, 5 sementes foram inoculadas por frasco de vidro com capacidade para 40 mL, contendo 6 mL de meio de cultura MS (Murashige & Skoog, 1962) com metade da concentração de macronutrientes (MS 1/2), suplementado com 30 g.L^{-1} de sacarose, 0,2 g.L^{-1} de mio-inositol e 4,0 g.L^{-1} de Gellex®, o pH foi ajustado em $5,7 \pm 5,8$, e esterilizado em autoclave a 120°C a 1 atm por 20 min. O material vegetal em germinação foi mantido em Sala de Crescimento. O total de 100 frascos permaneceram fechados com tampa metálica branca, protegido com camada de filme PVC em torno da base da vedação principal.

Passados de 15 a 20 dias de germinação, plântulas foram individualmente transferidas para frascos de vidro com capacidade para 375 mL contendo 50 mL meio de cultura. Os tipos de meio de cultura foram distribuídos em quatro tratamentos: T1 (controle): meio contendo somente água e MgSO_4 ; T2: meio MS com metade das concentrações de macronutrientes; T3: meio MS completo; T4: meio WPM (Lloyd & MC Cown, *Woody Plant Medium*, 1981). Todos os meios foram suplementados com 30 g.L^{-1} de sacarose, 0,2 g.L^{-1} de mio-inositol, 4,0 g.L^{-1} de Gellex® e 1% de PPM™ (*Plant Preservative Mixture*), considerando o ajuste do pH em $5,7 \pm 5,8$ e esterilização em autoclave a 120°C e 1 atm por 20 min.

Após a transferência das plântulas para os tratamentos, em câmara de fluxo laminar, os frascos foram fechados com tampa rígida de polipropileno (TP) contendo um furo de 5 mm de diâmetro, coberto com uma membrana composta por duas camadas de fita microporosa (Cremer®) e uma camada de fita veda-rosca (Politetrafluoroetileno-PTFE) (Amanco®) para permitir as trocas gasosas com o meio externo (Saldanha et al., 2012). Os frascos foram protegidos com camada de filme PVC em torno da base da vedação principal. Os frascos foram mantidos em Sala de Crescimento. Os tratamentos foram compostos por 40 frascos totalizando 160 unidades experimentais. Foram avaliados a taxa de contaminação, altura das plantas e número de folhas.

3.2.4 Multiplicação de brotos

Para a indução de novas brotações, foram utilizadas plântulas oriundas da germinação *in vitro* com aproximadamente quarenta dias de desenvolvimento. Como explante foi utilizado um segmento de entrenó foliar, com aproximadamente 1 cm de comprimento, contendo duas gemas laterais localizadas nos entrenós. Foram utilizados frascos de vidro com capacidade para 375 mL contendo 50 mL de meio de cultura WPM. Tratamentos: T1 (controle): meio de cultura sem suplementação de 6-benzilaminopurina (BAP); nos tratamentos de T2 a T5 os meios foram suplementados com 2,20; 4,44; 6,66 e 8,88 μM de BAP, respectivamente. Os frascos foram mantidos em Sala de Crescimento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Cada tratamento foi constituído de 40 repetições de frascos contendo um explante cada, totalizando 200 unidades experimentais. As brotações foram avaliadas semanalmente, durante quatro semanas, verificando o número de brotos por explante e a presença ou ausência de raiz.

3.2.5 Enraizamento

Para a indução de raízes, os brotos foram transferidos para frascos de vidro com capacidade de 200 mL contendo 40 mL de meio de cultura WPM suplementado com diferentes concentrações de ácido naftalenoacético (ANA). Foram necessários dois testes para alcançar a concentração ideal de ANA. Teste de Enraizamento 01: as concentrações de ANA no meio variaram entre 0,00; 5,37; 10,74 e 21,48 μM . Teste de Enraizamento 02: concentrações de ANA entre 0,00; 1,34; 2,69; 4,0 e 5,37 μM . Os frascos foram mantidos em Sala de Crescimento. O delineamento, em ambos os testes, foi inteiramente casualizado totalizando nove tratamentos, isto é, quatro para o Teste 01 e cinco no Teste 02. Cada tratamento composto por 40 repetições, foi avaliado em quantidade de explantes que formaram raízes, número de raízes por indivíduo e formação de calos na base do broto.

3.2.6 Aclimatização

O experimento foi montado com 3 intervalos de comprimento de raiz, para cada um dos 3 tipos de substrato testados (fatorial duplo). As raízes foram classificadas em pequenas (< 1 cm), médias (1-3 cm) e grandes (> 5 cm). Quanto aos substratos, foram elaboradas diferentes misturas entre substrato comercial Terral Solo®; latossolo vermelho

(terra de barranco) e areia. Tratamentos: T1: proporção de 2:1:1 (2 partes de Terral Solo® : 1 parte de latossolo vermelho : 1 parte de areia); T2: proporção de 2:1:2 e T3: proporção de 2:1:3. Cada tratamento obedeceu às proporções de 20 plantas de raiz pequena, 14 plantas de raiz média e 10 plantas com raiz grande, estabelecendo um total de 44 repetições.

Após o plantio das mudas em saco plástico de 500 mL, os substratos foram umedecidos e mantidos na casa de vegetação do labCulTive/ICB/EA-UFG em condição de umidade próxima a 70%, sempre observando se o substrato estava úmido. As plantas foram mantidas por trinta dias na casa de vegetação com 60% de sombreamento e sistema de nebulização intermitente. Os caracteres avaliados no final do experimento foram: teor de crescimento e sobrevivência durante quatro semanas. O teor de crescimento foi estimado medindo-se a altura da parte aérea. As plantas sobreviventes foram transferidas para vasos de 18 L e mantidas por quinze dias na casa de vegetação. Após esse período, elas foram transferidas para cobertura do tipo sombrite com 50% sombreamento e, após 30 dias neste ambiente, foram plantadas diretamente em solo, estabelecendo o processo de aclimatização.

3.2.7 Análise estatística

Os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Quando os dados não atenderam às pressuposições da ANOVA, foram submetidos à transformação Box-Cox. O programa estatístico R (Versão 4.0.3) foi utilizado. Os experimentos foram conduzidos em delineamentos inteiramente causalizados (DIC), empregando regressão linear ou polinomial de acordo com os requisitos residuais nos ensaios. A normalidade dos dados obtidos para os tratamentos foi testada por análise de variância pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido de testes de comparações múltiplas (Teste de Student-Newman-Keuls ou de Dunn) na ausência de normalidade ou homogeneidade de variâncias, todos ao nível de significância de 5%.

3.3 MICROMORFOLOGIA DOS TRICOMAS GLANDULARES FOLIARES

3.3.1 Microscopia eletrônica de varredura

Foram coletados fragmentos da região mediana de folhas de *H. pycnocephala* provenientes de coletas no campo (CC) e em três condições de cultivo: in vitro (CV), plantas aclimatizadas (PA) e plantas cultivadas no solo (CS) (Tabela 1). Estas foram fixadas com solução de Karnovsky (Bozzola & Russel, 1992, adaptado). Após 24 h, o fixador foi substituído por uma solução de acetona 70% e álcool 70% (1:1) e levado ao sonicador a 37°C por 1h para retirar o excesso de cera presente nas lâminas foliares. Posteriormente, o material vegetal foi desidratado em série acetônica crescente até a saturação, seco ao ponto crítico de CO₂ (Leica EM – CPD 300 – Germany), recobertas por ouro no metalizador (Leica – EM – SCD 050) com 15 nm de espessura. As imagens foram obtidas em um microscópio eletrônico de varredura por efeito de campo (MEV-FEG) Tescan AmberX com tensão de aceleração de elétrons de 5 kV no modo de detecção de elétrons secundários (SED), no Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (Crti/UFG). Para classificação dos tipos de tricomas utilizou-se Werker (2000), adaptado.

Tabela 1. Dados referentes às coletas de material botânico de *Hyptis pycnocephala* Benth. destinados à análise dos tricomas glandulares, histoquímica e extração de óleo essencial.

Município / Local de coleta	Coordenadas	Origem das amostras	Data	Horário
Vão do Moleque / Cavalcante (GO)	13° 39' 50,9" S 47° 28' 33,0" W; Altitude 1096 m	Plantas de campo	16/08/21	10-11 h
Vão do Moleque / Cavalcante (GO)	13° 39' 50,9" S 47° 28' 33,0" W; Altitude 1096 m.	Plantas de campo	21/11/21	10-11 h
Escola de Agronomia – UFG / Goiânia (GO)	16° 35' 50,3" S 49° 16' 44,3" W; Altitude 731 m.	Plantas do cultivo <i>in vitro</i>	06/06/22	11-13 h
Escola de Agronomia – UFG / Goiânia (GO)	16° 35' 50,3" S 49° 16' 44,3" W; Altitude 731 m.	Plantas aclimatizadas	26/10/22	11-13 h
Escola de Agronomia – UFG / Goiânia (GO)	16° 35' 50,3" S 49° 16' 44,3" W; Altitude 731 m.	Plantas em solo por 30 dias	16/12/22	11-13 h

Fonte: os autores.

3.3.2 Histoquímica

Para a investigação das principais classes de metabólitos produzidos pelos tricomas glandulares as amostras foram submetidos aos reagentes: Sudan IV (Jonhasen, 1940) e Sudan Black B (Jensen, 1962) para identificação de lipídios totais; sulfato azul do Nilo (Cain, 1974) para identificação de lipídios ácidos e neutros; sulfato ferroso e formalina (Jonhasen, 1940), cloreto férrico (Jonhasen, 1940), dicromato de potássio (Gabe, 1968) para compostos fenólicos; Steinmetz para reconhecimento simultâneo de amido, celulose, lignina, lipídeos diversos, látex, gomo-resinas e reagente de NADI (David & Carde, 1964) para óleo essencial. A confecção das lâminas histológicas foi realizada a partir de secções transversais de amostras não fixadas e seccionadas à mão livre. Secções controle foram realizadas simultaneamente, segundo as técnicas usuais em microtécnica vegetal (Marques & Soares, 2021), no Laboratório de Produtos Naturais (LPPN/FF-UFG). As observações e documentações fotográficas foram realizadas em microscópio de luz modelo LEICA DM 500, os desenhos em fotomicroscópio modelo ZEISS-AXIOSKOP acoplado à câmera clara. As escalas que acompanham as ilustrações foram obtidas nas mesmas condições ópticas.

3.4 ÓLEOS ESSENCIAS

3.4.1 Extração do óleo essencial

No preparo do óleo, as folhas coletadas de *H. pycnocephala* previamente refrigeradas foram submetidas a extração via hidrodestilação (Figura 2). A armazenagem e identificação dos constituintes seguem metodologia descrita por Santos et al. (2020) que sugerem cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG/EM).

A extração foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Produtos Naturais (LPPN/FF-UFG). Folhas de *H. pycnocephala* inseridas em balão volumétrico em banho-maria até o pico de evaporação da água e reduzida para 40°C em aparelho de Clevenger por 2 h (Figura 2). O óleo é purificado via partição líquido-líquido com éter e fase orgânica, reunida e tratada, com sulfato de sódio anidrido durante 15 min. Em seguida, a solução filtrada tem o seu solvente evaporado pela temperatura ambiente. O volume foi medido no tubo graduado do próprio aparelho e o rendimento em porcentagem calculado com base no

material botânico empregado na extração. O óleo obtido foi identificado, acondicionado e armazenado em freezer para análises subsequentes.

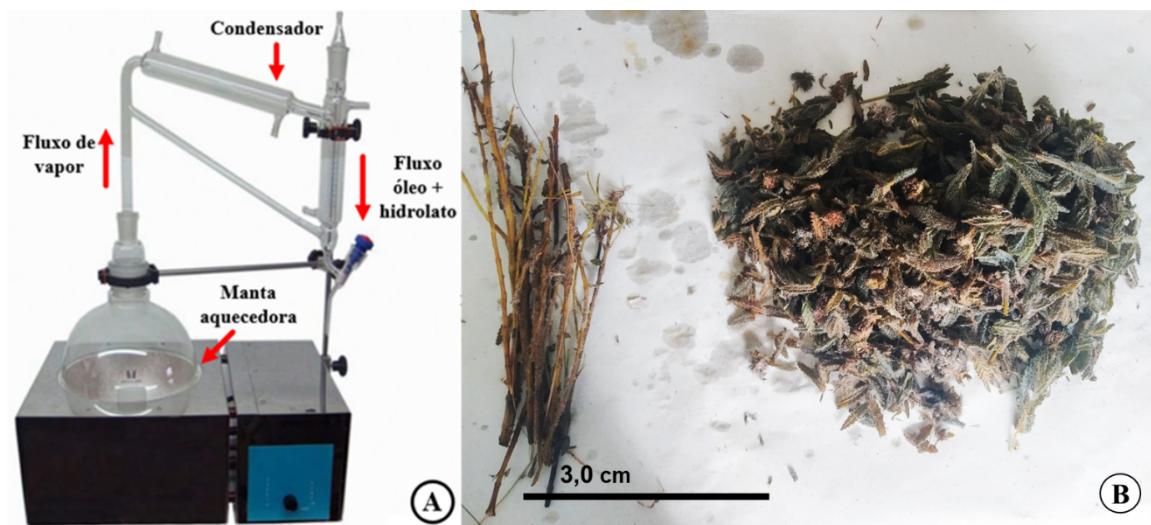


Figura 2. Destilação do óleo essencial. **(A)** Aparelho de hidrodestilação de óleo essencial tipo Clevenger, onde o fluxo de vapor sobe pela coluna e é condensado no condensador, resultando em um fluxo de óleo essencial e hidrolato. **(B)** Separação dos órgãos vegetais da espécie *Hyptis pycnocephala* destinados à obtenção do óleo essencial, com caules à esquerda e folhas e flores à direita. Fonte: Chaga, L.T., 2022.

3.4.2 Análise dos componentes químicos

Para análise cromatográfica, o óleo foi submetido à análise via fase gasosa, acoplada à espectrometria de massas (CG/EM) em aparelho Shimadzu GC- QP2010, com coluna capilar de sílica BD-5 (30 m × 0,25 mm ID, 0,25 m de espessura, 5% de fenilmetilpolisiloxano). Rampa de aquecimento programada em: 60-240°C a 3°C/min; 280°C a 10°C/min e finalmente 10 min a 280°C. Gás transportador Hélio a taxa de fluxo de 1 mL/min, modo dividido na proporção de 1:20. A porta de injeção ajustada a 225°C. Parâmetros operacionais do espectrômetro de massa quadripolar significativos: temperatura da interface 240°C; ionização por impacto de elétron a 70 eV com faixa de massa de varredura de 40-350 m/z a uma taxa de amostragem de 1 varredura/s.

Os componentes químicos foram identificados pelos espectros de massas e índices de retenção comparados com os relatados na literatura dos componentes mais comuns de óleos essenciais conforme Adams (2007). Os índices de retenção foram calculados através da coinjeção de uma mistura de hidrocarbonetos, C9 – C28, e cálculo do Índice de Kovatz pela equação de Van Den Dool & Kratz (Adams, 2007; Van Den Dool & Kratz, 1963).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CULTURA DE TECIDOS VEGETAIS

4.1.1 Germinação in vitro

O IVG e o teor de germinação revelaram resultados superiores em todos os tratamentos com adição de GA3. Para TMG os tratamentos não revelaram quaisquer diferenças significativas, adotando-se o tratamento de menor concentração de GA3: 144,5 μ M (Tabela 2, Figura 3). A porcentagem de contaminação foi baixa em todos os tratamentos.

Tabela 2. Efeito de diferentes concentrações de ácido giberélico (GA3) na germinação de sementes de *Hyptis pycnocephala*. Taxa de germinação (%), Índice de Velocidade de Germinação (IVG), Tempo Médio de Germinação (TMG) e taxa de contaminação de sementes de *H. pycnocephala* submetidas a diferentes concentrações de GA3. Em T1, as sementes foram apenas descontaminadas. Em T2, após descontaminação, as sementes permaneceram 24 h em água. De T3 a T6, após descontaminação, as sementes permaneceram 24 h em solução com diferentes concentrações de GA3.

Tratamento	Germinação (%)	IVG	TMG	Contaminação
T1: Controle	42,50 \pm 6,95b	3,99 \pm 0,70b	5,74 \pm 0,15a	2,75 \pm 1,03a
T2: Água	44,00 \pm 11,6b	4,32 \pm 0,99b	5,23 \pm 0,21a	0,00 \pm 0,00b
T3: 144,5 μ M GA3	55,00 \pm 4,80ab	5,18 \pm 0,47ab	5,57 \pm 0,12a	0,75 \pm 0,48ab
T4: 289 μ M GA3	80,00 \pm 1,63a	7,79 \pm 0,20a	5,36 \pm 0,20a	0,50 \pm 0,50ab
T5: 578 μ M GA3	67,00 \pm 6,45ab	6,79 \pm 0,67ab	5,13 \pm 0,10a	0,00 \pm 0,00b
T6: 1156 μ M GA3	56,00 \pm 2,16ab	5,41 \pm 0,21ab	5,39 \pm 0,10a	0,00 \pm 0,00b

* médias seguidas por letras diferentes na coluna são significativamente diferentes. Fonte: o autor.

A baixa frequência de regeneração aliada a altos índices de contaminação podem prejudicar o desempenho da micropropagação afetando o sucesso de obtenção de mudas em grande escala (Radomir et al., 2022). O GA3 promove o aumento da divisão celular e o uso de reservas nutricionais do endosperma. Assim, tem efeitos positivos na promoção da germinação e quebra de dormência em sementes (Ismaini et al., 2017).

Foram necessárias concentrações de GA3 bem abaixo de 144,5 μ M para indução de germinação de sementes de *Eremanthus erythropappus* (DC), uma espécie medicinal nativa do Cerrado. Em contrapartida *Sideritis raeseri* Boiss. & Heldr. (Lamiaceae) demandou 1156 μ M para atingir taxas próximas a 85%. Mesmo que a germinação possa atingir 98%, o índice de 80% alcançado em *H. pycnocephala* ainda é muito bom. *Pyrostegia*

venusta Ker Gawl, planta comum ao Cerrado, obteve taxa de germinação a 85% no estabelecimento do seu protocolo de micropropagação (Nunes et al., 2021; Radomir et al., 2022; Valbona et al., 2023). A análise de regressão foi aplicada, mas não foi significativa para nenhum dos parâmetros.

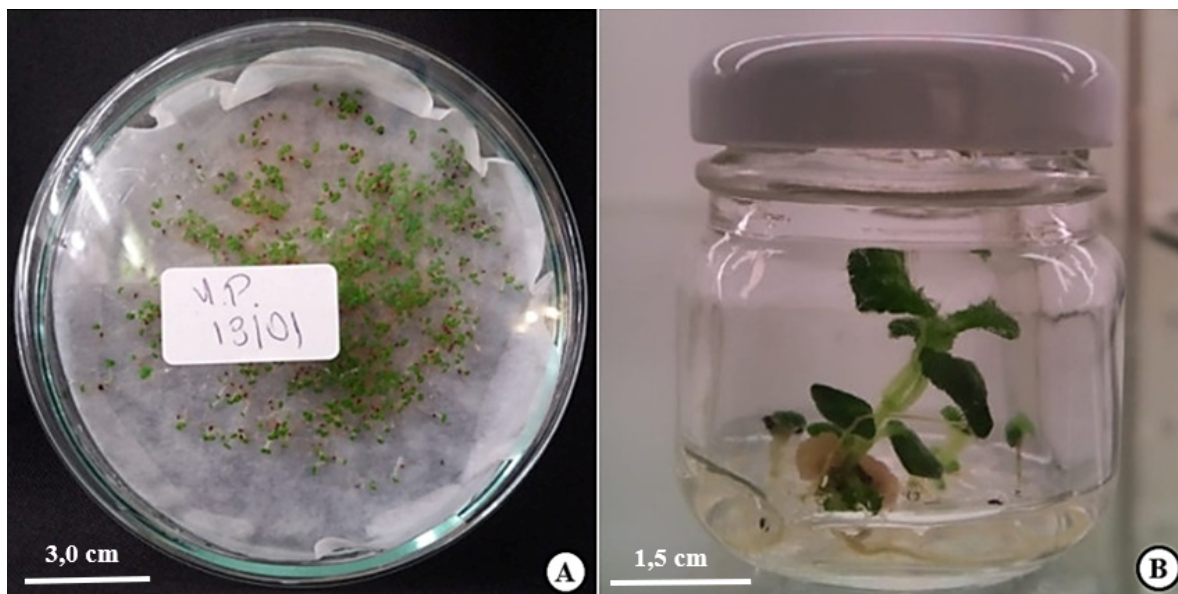


Figura 3. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de *Hyptis pycnocephala*. **(A)** Germinação de sementes em placa de Petri sob papel de germinação, após 24 h em solução com 144,5 μ M de ácido giberélico (GA3). **(B)** Desenvolvimento de plântulas em frasco contendo 6 mL de meio de cultura MS. Fonte: Chaga, L.T., 2022.

4.1.1.1 Mixoespermia

Mixoespermia é um fenômeno biológico em que sementes liberam mucilagem, uma substância gelatinosa, quando entram em contato com a água (Western, 2012). A mucilagem, formada pela hidratação de pectinas e hemiceluloses na cobertura da semente, facilita a germinação, protege contra patógenos, retém água e fixa a semente ao solo, aumentando suas chances de sobrevivência (North et al., 2014; Viudes et al., 2020).

A mucilagem contém polissacarídeos como celulose, hemicelulose e pectina. Sua remoção pode reduzir a germinação em até 30%. Quando hidratados, esses polissacarídeos expandem, rompendo o epicarpo e liberando a mucilagem (Alfayate et al., 2008; Camara et al., 2008; Western, 2012; North et al., 2014; Kucka et al., 2022).

Em angiospermas, sementes com mericarpos em forma de núcula, comuns em Lamiaceae, podem apresentar dormência (Barreiro, 2022; Kaya & Dirmenci, 2008; Silva-

Castellanos et al., 2021). A produção de mucilagem também é comum em várias espécies de Lamiaceae. Sementes de *Ocimum basilicum* L. (manjericão) produzem uma espessa camada de mucilagem ao redor do pericarpo após a hidratação (Zhou et al., 2022). Da mesma forma, sementes de *Salvia hispanica* L. (chia) liberam mucilagem rica em polissacarídeos quando hidratadas (Salgado-Cruz et al., 2013).

A mucilagem das sementes de *H. pycnocephala* (Figura 4) é incolor, gelatinosa e inodora. Essa produção é característica de plantas filogeneticamente semelhantes, mas também ocorre em espécies desérticas, como *Lavandula subnuda* Benth. e *Plantago cilata* Desf. (Yang et al., 2012; Bhatt, 2016).

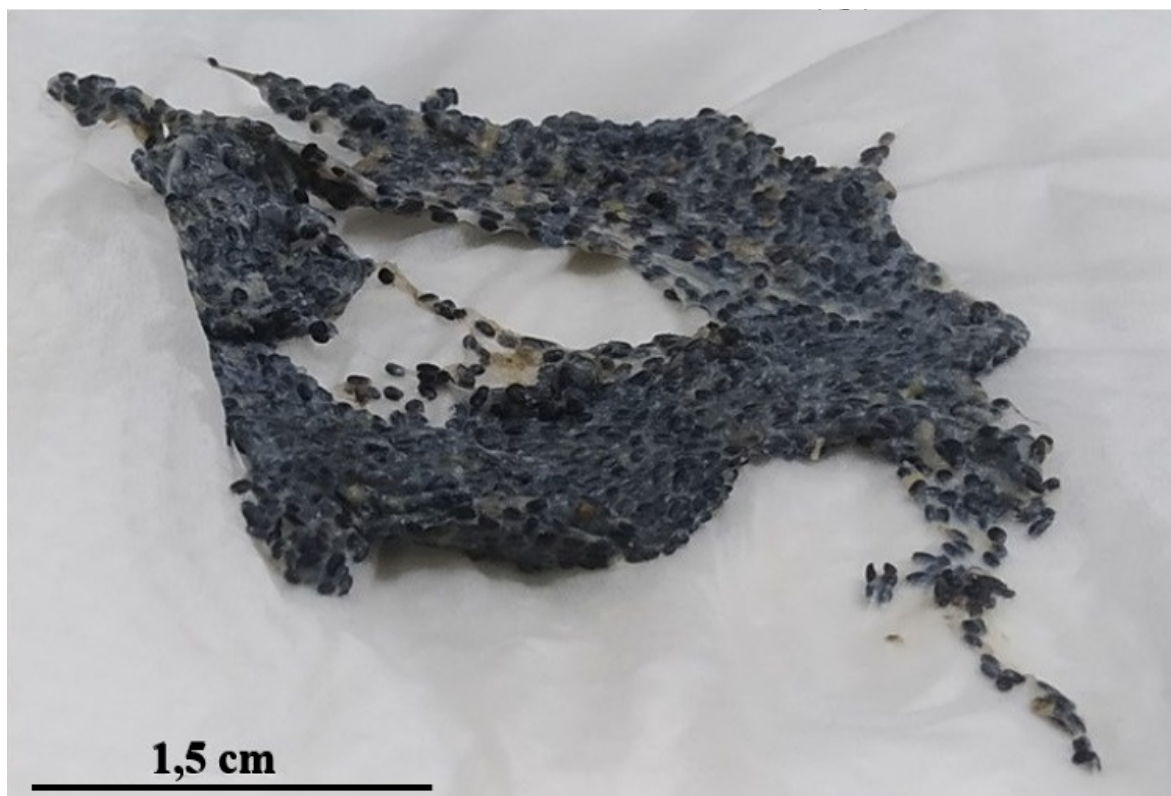


Figura 4. Presença de mucilagem em sementes de *Hyptis pycnocephala*. A imagem mostra a formação de uma camada de mucilagem em sementes de *H. pycnocephala* após permanecerem em água por 24 h. A mucilagem, que é uma substância gelatinosa, envolve todas as sementes. Fonte Chaga, L.T., 2022.

4.1.2 Meios de Cultura

No cultivo *in vitro* os principais meios utilizados são Knudson (1946), Vacin & Went (1949); WPM – Woody Plant Basal Medium (Lloyd & Mc Cown, 1981) e MS (Murashige & Skoog, 1962) cada qual composto e concentrado em vitaminas, macro e

micronutrientes de formas diferentes (Nunes et al., 2021). Dependendo da espécie, há uma melhor resposta da planta a determinado meio durante o desenvolvimento in vitro. Um exemplo são as Orchidaceae que preferem, na maioria dos casos, meios Knudson e WPM (Freitas et al., 2014; Galdiano Junior et al., 2014).

Na definição do meio de cultura, *H. pycnocephala* se desenvolveu melhor em meio WPM, comportamento incomum comparado a outras Lamiaceae que frequentemente são estabelecidas em meios MS (Ghaderi et al., 2019; Khoshokhan et al., 2022; Mehalaine & Chenchouni, 2021). Não obstante, esse fator pode estar vinculado ao tipo de ambiente uma vez que muitas das espécies não são comuns a solos típicos do Cerrado, podendo haver relação com a plasticidade fenotípicas das nativas às particularidades do bioma (Asensio et al., 2022; Benkaddour et al., 2022; Papafotiou et al., 2023; Shende et al., 2023).

O desenvolvimento das plantas in vitro também está vinculado a espécie, variedade, tipo de meio, de explante e genótipo, fatores que precisam ser considerados para atingir um bom desempenho vegetal (Oliveira, 2019). Ademais, no experimento foi revelado pouca diferença entre o meio MS 1/2 e o WPM, isto é, uma pequena vantagem ao longo das quatro semanas conforme avaliação detalhada na Tabela 3.

O meio MS possui maior biodisponibilidade de nitrogênio comparado as concentrações em meios WPM e MS 1/2. Tal fato pode elucidar disparidade com demais espécies de Lamiaceae uma vez que são baixos os índices desse nutriente em solos típicos do Cerrado (Melo et al., 1999; Sousa & Lobato, 2004; Meneghetti et al., 2019).

Tabela 3. Médias da altura de parte aérea (H) e do número de folhas (NF) em *Hyptis pycnocephala* em contato com diferentes formulações para meios de cultura. Em T1, tratamento controle com Gellex® e água; em T2, preparo de meio com Murashige and Skoog com metade das concentrações (MS ½), em T3 preparo de meio com Murashige and Skoog (MS) e T4 preparo de meio Lloyd & McCown Woody Plant Basal Medium.

Tratamento	1ª semana		2ª semana		3ª semana		4ª semana	
	H	NF	H	NF	H	NF	H	NF
T1: Gellex®+H ₂ O	0,30a	2,50ab	0,36a	2,59b	0,48a	3,46c	0,77a	3,70b
T2: MS ½	0,25a	2,43b	0,39a	3,74a	0,48a	4,91ab	0,60a	6,11a
T3: MS	0,27a	2,46b	0,38a	3,06b	0,49a	4,06bc	0,58a	5,50a
T4: WPM	0,30a	3,00a	0,41a	3,93a	0,55a	5,28a	0,61a	5,86a

* médias seguidas por letras diferentes na coluna são significativamente diferentes. Fonte: o autor.

O meio WPM foi desenvolvido especificamente para plantas lenhosas. *Anacardium othonianum* Rizz. é uma arbórea nativa do Cerrado que se estabeleceu em

WPM, outrossim, a homeostase fisiológica é influenciada por fatores como nutrição e processos metabólicos de cada espécie (Nunes et al., 2021; Sarropoulou et al., 2022; Silva & Magalhaes, 2023; Vasconcelos et al., 2012).

Os resultados sugerem que *H. pycnocephala* não reage tão bem a presença de maiores concentrações de sais em meio de cultura como é o caso do preparo do meio MS e dá preferência aos preparos menos concentrados como o WPM (Galdiano Junior et al., 2014). Mediante condições deste estudo, o meio WPM é o mais indicado para o estabelecimento dessa espécie in vitro.

4.1.3 Multiplicação de brotos

Para o caráter “número de brotos” BAP nas concentrações 6,66 e 8,88 μM (T4 e T5 respectivamente) promoveram os melhores resultados (Tabela 4). Vale notar que os brotos também enraizaram no tratamento controle (sem adição de citocinina) o que já é um bom indicativo para o desenvolvimento da espécie in vitro, embora não seja o foco, pois as altas concentrações de citocinina influência negativamente no enraizamento.

Tabela 4. Variação do número médio de brotos e da ocorrência de raiz em *Hyptis pycnocephala* em meio com diferentes concentrações de 6-Benzilaminopurina (BAP) durante 4 semanas.

Concentrações de BAP (μM)	1ª semana		2ª semana		3ª semana		4ª semana	
	Brotos	Raiz	Brotos	Raiz	Broto	Raiz	Broto	Raiz
T1: 0,00	1,33ab	0,23a	1,15a	0,83a	1,51ab	0,95a	1,92bc	0,85a
T2: 2,22	1,28ab	0,00c	0,98ab	0,16b	1,09bc	0,05c	2,19bc	0,40bc
T3: 4,44	1,00b	0,00c	0,68b	0,07b	0,76c	0,10c	1,63c	0,15c
T4: 6,66	1,58a	0,18ab	1,20a	0,33b	1,70a	0,48b	4,30a	0,50b
T5: 8,88	1,14b	0,03bc	0,95ab	0,22b	1,19ab	0,30bc	3,32ab	0,24bc

* médias seguidas por letras diferentes na coluna são significativamente diferentes. A variável “Raiz” foi calculada com base na codificação 1 para mais presente e 0 para mais ausente. Fonte: o autor.

As citocininas têm sido eficazes na superação de dominância apical, alongamento, liberação de gemas laterais e promoção de brotos (Benkaddour et al., 2022; Radomir et al., 2022). Na literatura, também são utilizados para indução de novas brotações, além da 6-benzilaminopurina, a cinetina e a zeatina. Entretanto, o uso do BAP é destaque em espécies de Lamiaceae (Mehalaine & Chenchouni, 2021; Asensio et al., 2022; Valbona et al., 2023). Além disso, o BAP é um fitorregulador sintético de alta eficiência para regeneração de diversas espécies e com menor custo de aquisição. Todavia, o uso dessa

citocinina pode inibir o crescimento de raiz e de parte aérea (Goelzer et al., 2019; Ferreira et al., 2020).

Concentrações a 4,44 μM de BAP foram satisfatórias para indução de gemas laterais e de raiz em *Origanum spp.* (Benkaddour et al., 2022). Porém, essa mesma dosagem não foi a melhor em *H. pycnocephala*. Para indução de brotos de *Eremanthus erythropappus*, a concentração ideal superou 8,8 μM reforçando necessidade de individualização dos protocolos (Nunes et al, 2021).

É necessário um balanço entre os reguladores, principalmente citocininas e auxinas, pois estão diretamente relacionados entre si para promover o desenvolvimento. Os reguladores podem desencadear inibição ou desenvolvimento de um tecido a depender da relação com outro regulador (Oliveira, 2019). A suplementação simultânea de BAP e ANA pode gerar melhora no brotamento, mas também pode causar oxidação, o que depende das concentrações e reação de cada indivíduo (Silva & Magalhaes, 2022). O fator genótipo exerce tanta influência na resposta, que mesmo plantas de mesma espécie, reagem de forma distinta até quando os reguladores se assemelham (Silva & Magalhaes, 2023).

As diversas concentrações dos reguladores de crescimento promovem ainda anormalidades indesejadas. Quando em excesso, geram estresse e induzem o surgimento de calos, ausência ou má formação de órgãos, oxidação, necrose, hiperidricidade e até morte (Silva & Magalhaes, 2023). Mesmo que verificado alguns explantes com necrose e oxidação, em *H. pycnocephala* não houve nenhum tipo de anormalidade morfológica em todos nos testes de brotação.

4.1.4 Enraizamento

No Teste de Enraizamento 01, os tratamentos Controle e T2 (5,37 μM de ANA) foram muito próximos em relação à variável “quantidade de raiz” (QR). A adição da auxina promoveu a presença de calos em todos os tratamentos (Tabela 5). Foi possível constatar que, quanto maior a concentração do regulador, maior a promoção de calogenese. Assim, apesar da performance satisfatória de T2 no enraizamento, esta concentração também induziu alta incidência de calos, impossibilitando um melhor desenvolvimento de raízes.

Taxas elevadas de calos e um baixo desenvolvimento radicular podem ser extremamente prejudiciais para o processo de aclimatização (Souza et al., 2009; Khoshokhan et al., 2022). Paralelamente, o único tratamento que se diferenciou

significativamente apresentando menor incidência de calos foi o controle. Dessa forma, foi proposto um novo teste com dosagens de ANA inferiores 5,37 μM .

Tabela 5. Resposta de *Hyptis pycnocephala* Benth. à diferentes concentrações de ácido naftalenoacético (ANA), mensurada por meio das quantidades médias de raiz e pela formação de calos. Dados do Teste de Enraizamento 01.

Concentrações de ANA (μM)	1ª semana		2ª semana		3ª semana		4ª semana	
	Raiz	Calos	Raiz	Calos	Raiz	Calos	Raiz	Calos
T1: 0,00	0,88b	0	3,22ab	0,02b	4,78ab	0,02b	5,66b	0,07b
T2: 5,37	2,71a	0	5,50a	0,60a	6,31a	0,60a	9,26a	0,74a
T3: 10,74	0,53b	0	1,90b	0,82a	1,74b	0,83a	1,49c	0,86a
T4: 21,48	0,85b	0	2,62b	0,56a	2,00b	0,79a	1,94bc	0,74a

*médias seguidas por letras distintas são significativamente diferentes. A variável “Calose” foi calculada com base na codificação 1 para presente e 0 para ausente. Fonte: o autor.

Taxas elevadas de calos e um baixo desenvolvimento radicular podem ser extremamente prejudiciais para o processo de aclimatização (Souza et al., 2009; Khoshokhan et al., 2022). Paralelamente, o único tratamento que se diferenciou significativamente apresentando menor incidência de calos foi o controle. Dessa forma, foi proposto um novo teste com dosagens de ANA inferiores 5,37 μM .

No Teste de Enraizamento 02, verificou-se que para *H. pycnocephala* o suplemento de auxina é desnecessário (Figura 5 A-C) para indução de raízes, podendo até mesmo ser prejudicial em vista da incidência constante de calos até mesmo nas pequenas concentrações desse regulador (Tabela 6). Mesmo que dosagens muito baixas do regulador pareçam ser incomuns na literatura, o enraizamento de *Aegiphila verticillata* Vell., Lamiaceae comum ao Cerrado, demandou 0,4 μM de ANA para o enraizamento. Esse valor ainda é menor que as concentrações testadas nesse estudo (Nunes et al., 2021).

Tabela 6. Resposta de *Hyptis pycnocephala* Benth. à diferentes concentrações de ácido naftalenoacético (ANA), mensurada por meio das quantidades médias de raiz e pela formação de calos. Dados do Teste de Enraizamento 02.

Concentrações de ANA (μM)	1ª semana		2ª semana		3ª semana		4ª semana	
	Raiz	Calos	Raiz	Calos	Raiz	Calos	Raiz	Calos
T1: 0,00	0,90a	0	2,03ab	0,00c	2,55ab	0,09b	2,97ab	0,09c
T2: 1,34	0,58a	0	2,80a	0,23ab	2,53a	0,32b	3,54a	0,51b
T3: 2,69	0,68a	0	2,02ab	0,07bc	2,68a	0,15b	4,40a	0,18c
T4: 4,03	0,38a	0	1,13ab	0,17abc	1,40ab	0,25b	1,56ab	0,28bc
T5: 5,37	0,50a	0	1,11b	0,34a	1,05b	0,61a	1,17b	0,85a

*médias seguidas por letras distintas são significativamente diferentes. A variável “Calose” foi calculada com base na codificação 1 para mais presente e 0 para mais ausente. Fonte: o autor.

O estabelecimento de raiz *in vitro* é um processo crítico envolvendo fatores endógenos e exógenos complexos (Souza & Pereira, 2007). O balanço citocinina/auxina é muito importante para regulação do crescimento e melhora dos índices de rizogênese, índices elevados de citocina na raiz podem inibir seu alongamento e as suas ramificações. As auxinas modificam a parede celular através das expansinas e por isso induzem o crescimento, contudo a atuação vai depender da quantidade de auxina podendo não promover o alongamento celular quando em altas concentrações. Além disso, é preciso disponibilidade de água e capacidade osmótica (Silva et al., 2013; Toledo & Biasi, 2018; Benkaddour et al., 2022). Há casos em que a indução ocorre sem precisar de reguladores, isso é possível devido a níveis de auxina endógena que, ao entrar em contato com meio de cultura, favorecem o crescimento (Radomir et al., 2022).

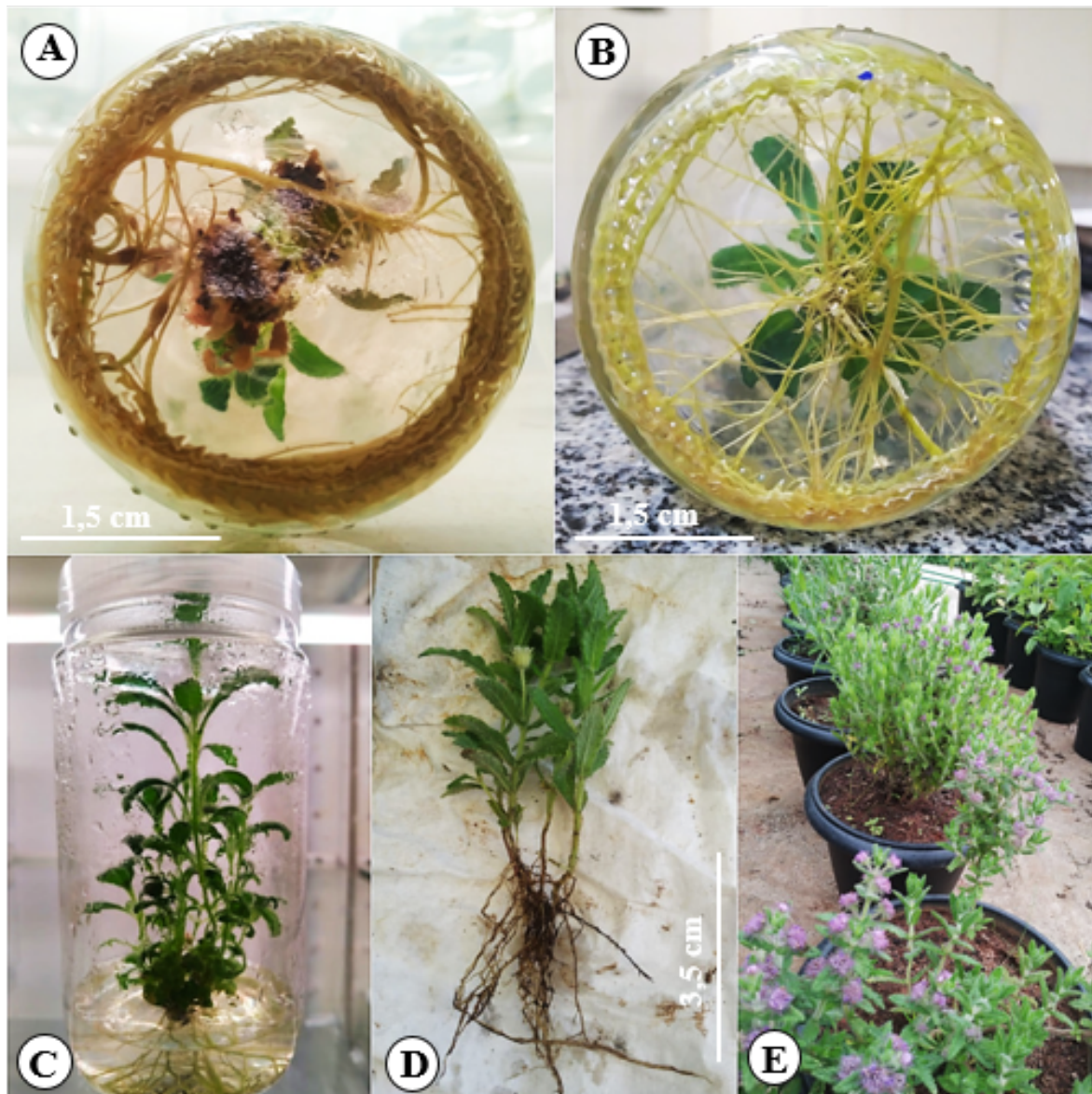


Figura 5. Enraizamento in vitro e aclimatização de *Hyptis pycnocephala*. (A-B) Desenvolvimento de raízes in vitro sem suplementação de ácido naftalenoacético (ANA). (C) Estabelecimento prévio em meio de cultura WPM antes da aclimatização. (D) Desenvolvimento de raízes em plantas aclimatizadas. (E) Floração das mudas após 2 meses de aclimatização. Fonte: Chaga, L.T., 2022.

Níveis de auxina endógenos tem relação intrínseca com a geração de primórdio radicular, mas são incapazes de promover calogênese, esta é mais frequente quando ocorre contato com fitorreguladores sintéticos. A presença de auxina exógena pode contribuir no distensionamento da parede celular e queda de pH fazendo com que a atividade enzimática aumente e conseqüente aumento do volume celular. Contudo, os calos também sofrem interferência da genética, fisiologia e meio de cultura (Forket et al., 2013; Oliveira, 2019; Oliveira, 2020).

Calos são tecidos não diferenciados constituídos por células compactadas e justapostas compostas por muito vacúolo (Santos et al., 2018). Eles se formam em resposta ao contato com níveis elevados de reguladores de crescimento ou a injúrias (Souza et al., 2018). As células costumam passar por esse estágio de desdiferenciação quando estão em processo de formação de um órgão, as sucessivas mitoses levam-nas a uma configuração desorganizada sem identidade histológica (Oliveira, 2020). Fenômeno constatado durante os experimentos de enraizamento (Figura 6).

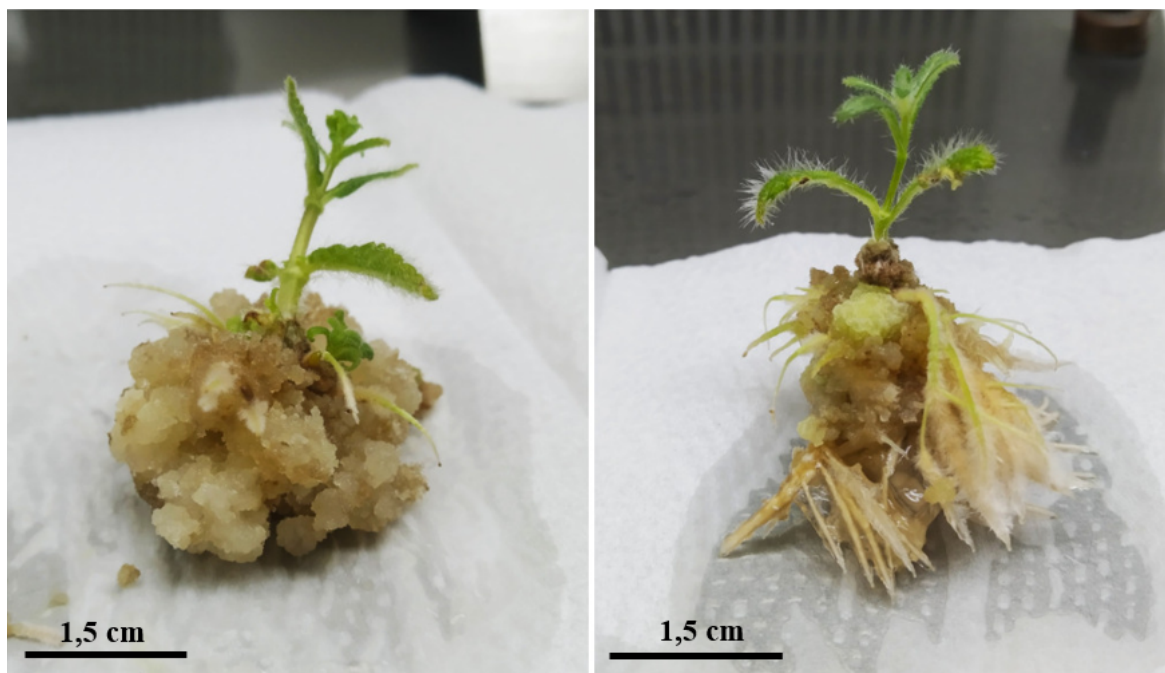


Figura 6. Calogênese e aspecto de raiz em *Hyptis pycnocephala*. submetidas a concentração de 5,37 μ M de ácido naftalenoacético (ANA). Fonte: Chaga, L.T., 2022.

4.1.5 Aclimatização

Houve interação entre tamanho de raiz e tipo de substrato para sobrevivência durante a aclimatização. No geral, a menor taxa de sobrevivência ocorreu com as plantas de raiz pequena (< 1 cm). Em relação aos substratos, plantas com raízes grandes tiveram um menor desempenho em relação às raízes médias e pequenas nos substratos A e B. Porém, não houve diferenças para sobrevivência das plantas com diferentes tamanhos de raízes no substrato C (Tabela 7).

Tabela 7. Sobrevivência dos indivíduos de *Hyptis pycnocephala*. durante a etapa de aclimatização variando as proporções entre substrato comercial Terral Solo® (S), terra de barranco (T) e areia (A) e o tamanho de raízes Pequena < 1 cm (P), Média 1 cm < raiz < 4 cm (M) e Grande > 4 cm (G).

Tamanho das Raízes	Médias Gerais	Substratos		
		2S : 1T : 1A	2S : 1T : 2A	2S : 1T : 3A
G	0,69a	0,60b	0,61b	0,86a
M	0,69a	0,80a	0,61a	0,66a
P	0,49b	0,53a	0,51a	0,42a

Médias Gerais (na coluna) e entre os substratos (nas linhas) seguidas de letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Sibov, S. T., 2023.

A sobrevivência estimada, dentre os 132 indivíduos analisados, foi de 53,03%. O índice apesar de baixo, sofre interferência da não padronização do espaço amostral revelando divergência entre o número de raízes pequenas (20), médias (14) e grandes (10). Não houve interação entre tamanho de raiz e tipo de substrato para o crescimento das plantas durante a aclimatização. No geral, a menor taxa de crescimento ocorreu com as plantas de raiz pequena (< 1 cm) (Tabela 8).

Tabela 8. Crescimento médio de indivíduos de *Hyptis pycnocephala*. para a aclimatização variando as proporções entre substrato comercial Terral Solo® (S), terra de barranco (T) e areia (A) e o tamanho de raízes Pequena < 1 cm (P), Média 1 cm < raiz < 4 cm (M) e Grande > 4 cm (G).

Tamanho das raízes	Médias de crescimento
G	4,63a
M	3,32a
P	1,59b

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Sibov, S. T., 2023.

Por serem cultivadas em vidro fechado as plantas ficam submetidas a alta umidade e, ao entrar em contato com o ambiente externo ao laboratório, ficam suscetíveis a perda de água requerendo mudança lenta e gradual. É sabido que a aclimatização promove grandes perdas de indivíduos, no entanto, alguns explantes cultivados in vitro sofrem influência do genótipo favorecendo ou prejudicando a suscetibilidade nessa etapa. Alguns trabalhos com Lamiaceae propõem uso de turfa e perlita como substrato, mas poucas pesquisas visaram estabelecimento in vitro de espécies endêmicas do Cerrado pertencentes a família (Nunes et al., 2021; Manushkina et al., 2022).

4.2 TRICOMAS GLANDULARES FOLIARES

4.2.1 Micromorfologia dos tricomas glandulares

Diferenças na densidade, localização e tipos de tricomas glandulares foram encontradas nas folhas de *H. pycnocephala*, quando comparações foram feitas entre materiais provenientes de cultivo in vitro, plantas aclimatizadas, cultivadas no solo e de plantas coletadas no campo. A resposta de *H. pycnocephala* às etapas da micropropagação, principalmente nas estruturas produtoras de metabólitos secundários, demonstra sua plasticidade fenotípica. Fica claro que as características dos tricomas glandulares em *H. pycnocephala* são modificadas, até certo ponto pelo ambiente, no qual a espécie cresce.

Dois tipos básicos de tricomas glandulares foram encontrados: peltados e capitados. Eles se diferenciam em aspectos como estrutura, densidade e local de armazenamento da secreção (Werker et al., 1985b; Kalicharan et al., 2018; Simplício et al., 2022). Contudo, a ocorrência de ambos os tipos foi constatada tanto nas superfícies foliares abaxiais quanto adaxiais.

Os tricomas peltados são sésseis e possuem cabeça composta por quatro células secretoras sendo considerados local de biossíntese dos metabólitos secundários nas espécies de Lamiaceae, principalmente de terpenos (Fanh, 2000; Evert, 2013; Jongedijk et al., 2020). Nestes tricomas, a cutícula distendida possui um grande espaço subcuticular em que se acumula o material secretado, essa função confere forma globosa à cabeça (Figura 7B-C, 7E-G, seta curta; 8A-E, seta curta; 9A-F). Quando a cutícula é rompida, ocorre a liberação rápida e intensa da secreção.

Em folhas de plantas coletadas a campo esse tipo de tricoma (peltado) é visualmente mais abundante e estão frequentemente localizadas em depressões da epiderme. Eles ocorreram em maior densidade na face abaxial (Figura 7C, seta curta) de folhas oriundas da aclimatização e cultivo *ex vitro* (Figura 8E, seta curta), enquanto no cultivo *in vitro* a densidade foi menor (Figura 8B, seta curta). Os tricomas peltados observados neste estudo, semelhantes aos encontrados em outras espécies de Lamiaceae, parecem ser um caráter diagnóstico para essa família (Ascensão et al., 1995; Ascensão, 2007; Naidoo et al., 2021; Werker, 2000).

Os tricomas glandulares capitados são caracterizados pela presença do pedúnculo que é composto por uma, duas, três, quatro, cinco ou mais células. Tal classificação foi proposta baseada nos tricomas glandulares que são presentes em espécies de Lamiaceae (Ascensão & Pais, 1998; Werker, 2000). Para *H. pycnocephala* foram descritos seis tipos que estão detalhados na Tabela 9.

Tabela 9. Descrição morfológica dos tricomas glandulares capitados presentes em folhas cultivadas *in vitro*, *ex vitro* e campo de *Hyptis pycnocephala* Benth.

Tipo	Descrição
I	Pedúnculo unicelular curto e cabeça uni ou bicelular globosa (Figura 8H).
II	Pedúnculo unicelular relativamente longo e cabeça tetracelular globosa (Figura 8I).
III	Pedúnculo tricelular, célula basal longa, com célula de pescoço, cabeça bicelular globosa (Figura 8J).
IV	Pedúnculo tricelular, célula basal longa e larga, com célula de pescoço, cabeça unicelular piriforme (Figura 8K).
V	Pedúnculo tetra celular, célula basal longa, sem célula de pescoço, cabeça unicelular periforme (Figura 8L).
VI	Pedúnculo penta celular ou/e mais células, sem célula de pescoço, cabeça unicelular ovada (Figura 8M).

Fonte: Faria, M. T., 2022.

Os tricomas morfotipo I (figuras 7H e 8F) e morfotipo II (Figura 7A e 7F) são frequentemente encontrados em espécies de Lamiaceae (Ascensão et al., 1995, 1999; Tozin & Rodrigues, 2017). Eles apresentam o mesmo padrão de liberação de secreção dos tricomas glandulares peltados, corroborando com dados encontrados em *Hyptidendron canum* Polh ex Benth. (Fiuza et al., 2010), *Vitex agnus-castus* L. (Braga et al., 2014), *Hyptis villosa* Poll ex Benth. (Tozin & Rodrigues, 2017) e *Mesospharereum suaveolens* (L.) Kuntze (Chattri et al., 2018), todas plantas nativas do Brasil.

Rudall (2008) identificou em *Hyptidendron glutinosum* (Benth.), que pertence a mesma subtribo, um tipo de tricoma glandular similar ao Tipo III e IV identificado em *H. pycnocephala*. Tal compatibilidade não deve ser afirmada em vista da padronização dos descritores morfológicos, como é o caso da classificação da cabeça que, para esses dois tipos, se diferenciam em piriforme e globosa. Esse fator é conhecido por exercer muita importância para a caracterização dos tricomas dado que é frequentemente aplicado na literatura científica durante a classificação dessas estruturas (Simplício et al., 2022; Martins, 2002; Werker et al., 1985a).

O Tipo VI esteve incidente nas duas superfícies foliares, outrossim, raramente sua cabeça secretora foi observada na forma íntegra (Figura 7C-D, 8M; 9M). A ocorrência foi mais frequente em plantas coletadas em campo, aclimatizadas e cultivadas em solo por 30 dias (Tabela 10). Werker et al. (1985a), Werker (2000) e Ascensão (2007), afirmam que o tricoma cujo pedúnculo contém mais de 4 células apresenta alta sensibilidade ao toque, o que possibilita o rompimento da cutícula com maior facilidade. Os mesmos autores ressaltam a importância ecológica desses tricomas visto que proporcionam interação da planta com o ambiente. Eles atuam de modo eficaz frente ataque de herbívoros e patógenos, bem como mediante a elevação da incidência luminosa, contribuindo dessa forma para a sobrevivência do vegetal perante os estressores ambientais.

A presença dos tricomas glandulares nas folhas de *H. pycnocephala* foi maior na face abaxial comparada a adaxial, mesmo em folhas de plantas advindas da micropropagação. Esse dado é similar ao encontrado por Zuzarte et al. (2010), trabalhando com *Lavandula pedunculata* (Miller) e Esmaili et al. (2019) com espécies de *Salvia* sp. Ambos os autores observaram que a quanto maior intensidade de tricomas glandulares maior a resistência contra pragas e doenças devido a presença de aleloquímicos como monoterpenos, diterpenos, sesquiterpenos, compostos fenólicos, entre outros. Kalicharan et al. (2018) mencionaram correlação entre o aumento da densidade de tricomas e a exposição a condições ambientais adversas, o que não é possível acontecer no cultivo in vitro.

Tabela 10. Localização de tricomas glandulares capitados nas amostras provenientes de coletas no campo (CC), do cultivo in vitro (CV), ex vitro: plantas aclimatizadas (PA) e plantas cultivadas no solo, após 30 dias de aclimatizadas (CS) de *Hyptis pycnocephala* Benth..

Amostras	Tipos de tricomas glandulares capitados						Localização	
	I	II	III	IV	V	VI	AD	AB
CC	++	++	++	++	++	++	+	+

CV	+	+	+	+	+	+	+	+
PA	++	++	++	++	++	++	++	++
CS	++	++	++	++	++	++	++	++

Ausência: -; Presença: +; presença elevada ++. Fonte: Faria, M. T., 2022.

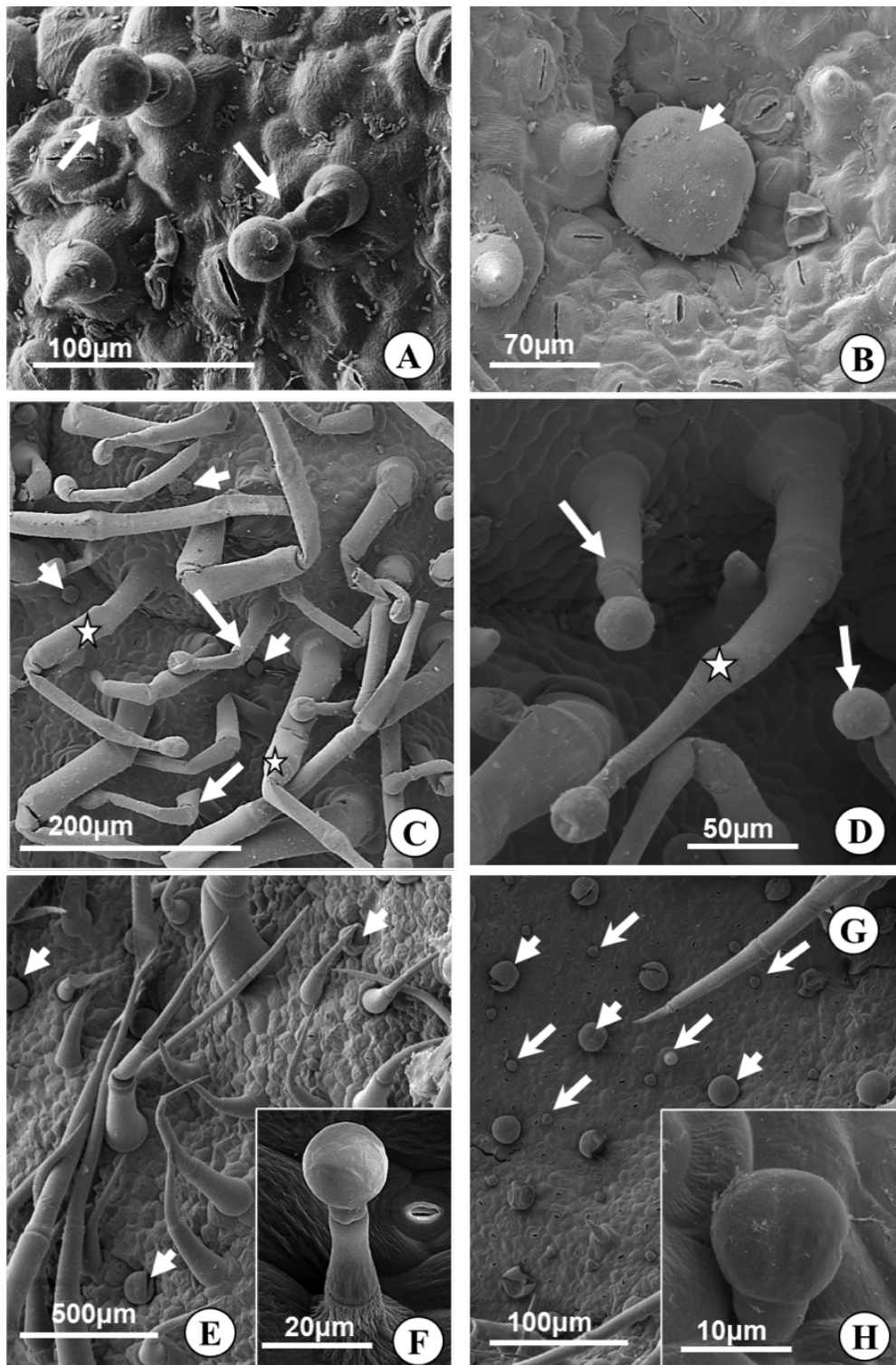


Figura 7. Lâmina foliar de *Hyptis pycnocephala* Benth. e diferentes tipos de tricomas glandulares. **A.** Tricoma capitado tipo II, face abaxial; **B.** Tricoma peltado; **C.** Peltado (seta curta) e capitado, tipo III (seta longa) e tipo VI (estrela), face abaxial,

amostra aclimatizada; **D.** Capitado tipo II (seta) e tipo VI (estrela), face adaxial, coleta em campo; **E.** Peltado, face abaxial, 30 dias em solo; **F.** Capitado tipo II, detalhe, face adaxial, 30 dias em solo; **G.** Peltado (seta curta) e capitado tipo I (seta longa), face adaxial, cultivo in vitro; **H.** Capitado tipo I, detalhe, face adaxial, cultivo in vitro. Fonte: Faria, M. T., 2022.

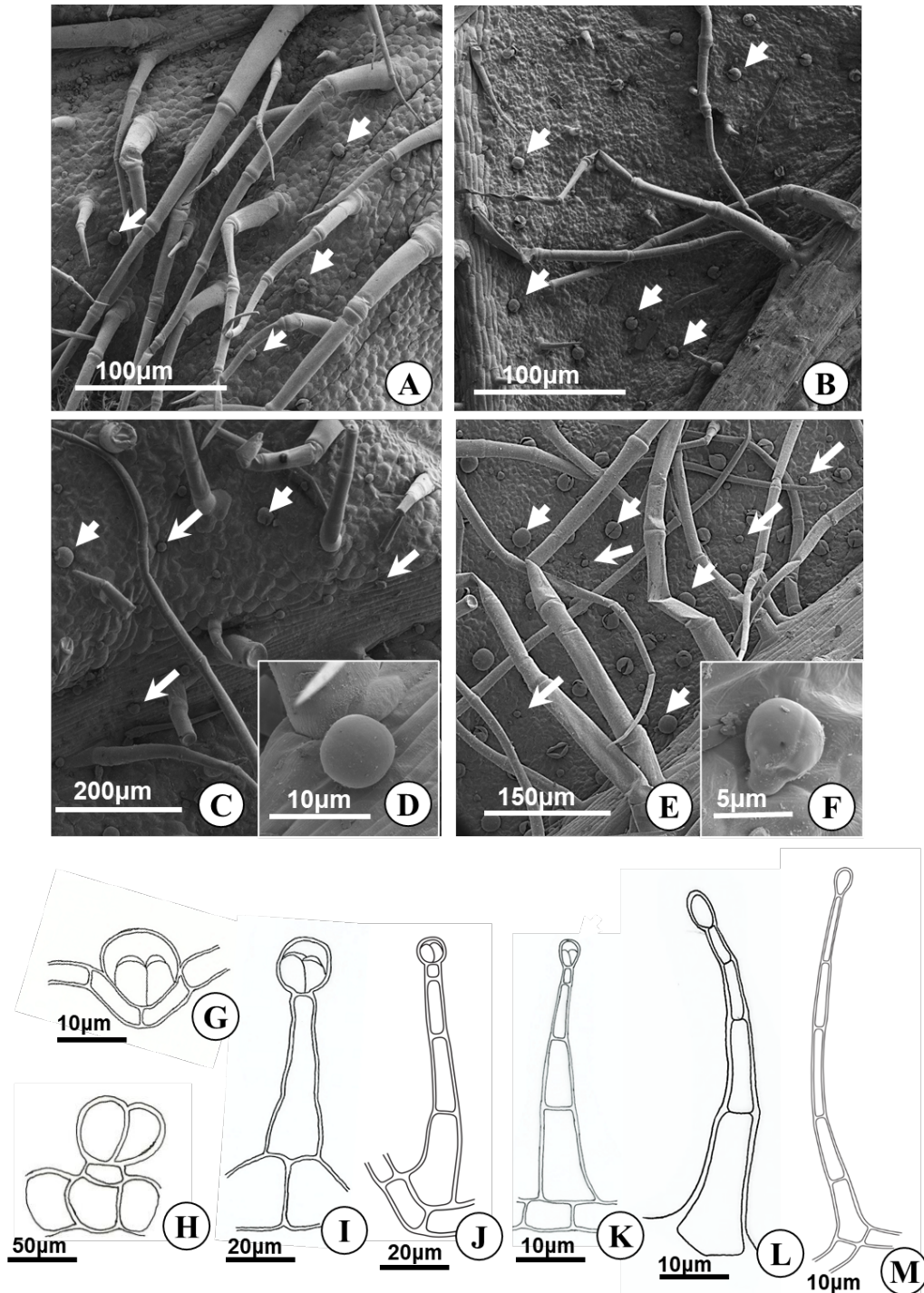


Figura 8. Eletromicrografia da lâmina foliar de *Hyptis pycnocephala* Benth. (A-F) e esquema ilustrativo dos tricomas glandulares (G-M). **A.** Tricoma peltado, face adaxial, cultivo in vitro; **B.** Tricoma peltado, face abaxial, cultivo in vitro; **C.** Tricoma peltado (seta curta) e capitado tipo I (seta longa), face adaxial, amostra

aclimatizada; **D.** Tricoma peltado, detalhe, face adaxial, amostra aclimatizada; **E.** Tricoma peltado (seta curta) e capitado tipo I (seta longa) face abaxial, coleta em campo; **F.** Capitado tipo I, detalhe, face abaxial, coleta em campo; **G.** Tricoma peltado; **H.** Capitado tipo I; **I.** Capitado tipo II; **J.** Capitado tipo III; **K.** Capitado tipo IV; **L.** Capitado tipo V; **M.** Capitado tipo VI. Fonte: Faria, M. T., 2022.

4.2.2 Análise histoquímica

Os resultados histoquímicos das folhas provenientes de coletas no campo, cultivadas in vitro e ex vitro de *H. pycnocephala*, encontram-se resumidos na Tabela 11. As principais substâncias químicas produzidas pelos tricomas glandulares observadas foram compostos fenólicos, compostos lipofílicos e terpenos (óleos essenciais). Nota-se ausência de lipídios neutros, óleos resinas e proteínas, polissacarídeos e alcaloides.

Tabela 11. Histoquímica dos tricomas glandulares presentes nas folhas de *Hyptis pycnocephala* Benh.

Reagentes	Metabólitos	Tricomas glandulares	
		Peltados	Capitados
Sudan IV	Lipídios totais	++	++
Sudan III		++	++
Steinmetz		++	++
Sudan Black B		++	++
Sulfato Azul do Nilo	Lipídios neutros	-	-
	Lipídios ácidos	+	+
Reagente de Nadi	Terpenos (óleos essenciais)	++	++
	Terpenos (óleos-resinas)	-	-
Dicromato de potássio	Compostos fenólicos	++	++
Sulfato ferroso e formalina		++	++
Steinmetz		+	+
Cloreto férrico		++	++
Azul brilhante de coomassie	Proteínas	-	-

reação positiva: +; Reação positiva forte: ++; Reação negativa: -. Fonte: Faria, M. T., 2022.

Nos tricomas glandulares peltados das amostras de *H. pycnocephala*, observou-se reação positiva para compostos fenólicos totais com teste com cloreto férrico (Figura 9A), dicromato de potássio (Figura 9B) e sulfato ferroso e formalina (Figura 9C); lipídios totais,

por meio de testes com Sudan IV (Figura 9D) e Sudan Black (Figura 9E) e óleo essencial com o reagente NADI (Figura 9F).

Nos tricomas glandulares capitados Tipo I, houve reação positiva substâncias lipofílicas, por meio dos testes com Sudan III (Figura 9G), Sudan IV (Figura 9H) e para terpenos (óleos essenciais), reagente NADI (Figura 9I). O Tipo II apresentou reação positiva para compostos fenólicos através dos testes com cloreto férrico (Figura 9J) e lipídios totais através de Sudan IV (Figura 9K) e Sudan Black (Figura 9L). Enquanto o Tipo III, apresentou terpenos (óleos essenciais) através do reagente NADI, o Tipo IV, substâncias lipofílicas por meio de Sudan IV e, terpenos utilizando reagente NADI e o Tipo V, substâncias lipofílicas pelo teste com Sudan IV e, terpenos testados com o reagente NADI. O Tipo VI revelou reação positiva para substâncias lipofílicas através de Sudan Black e, para compostos fenólicos por meio do teste com Cloreto férrico (Figura 9M).

As análises histoquímicas possibilitaram confirmação de presença de compostos de natureza química heterógena e complexa. Os tricomas peltados, expressaram reação positiva para compostos fenólicos, óleos essenciais e lipídios totais tanto no presente estudo quanto no de Martinez-Natarén et al. (2018). As substâncias químicas podem estar relacionadas ao tipo de tricoma glandular e são capazes de promover defesa e atração de polinizadores (Menezes Filho, 2020).

Como são responsáveis pelo armazenamento de metabólitos, podem demonstrar grande interesse comercial a indústria farmacêutica, como é o caso dos terpenos (Amaral et al.; 2020). A composição química da secreção interfere na eficácia terapêutica, no entanto, teor de produção sofre influência do ambiente revelando importância de estudos comparativos acerca das diferenças tipos de cultivo (Martinez-Natarén et al., 2018). A cultura de tecidos vegetais pode contribuir para descoberta de novos compostos químicos pois possibilita variação micromorfológica de tricomas (Passinho-Soares et al., 2017).

A presença de compostos fenólicos tanto nos tricomas glandulares peltados quanto nos diferentes tipos de capitados em *H. pycnocephala*, parece ser um marcador químico para Lamiaceae, corroborando com estudos realizados em diversos gêneros (Falcão & Menezes, 2003; Oliveira & Oliveira, 2013; Bridi et al., 2021). Eles estão associados às estratégias de defesa primária das plantas frente à herbivoria, patógenos e alta incidência de raios UV. Devido a gama de substâncias produzidas se destacam cumarinas, flavonoides, ligninas, quinonas e taninos, entre outros, justificando sua ampla distribuição entre espécies

dessa família (Rinnert, 2010; Evert & Esau, 2013; Taiz et al., 2017). Na farmacologia atuam como antisséptico, anestésico, anti-inflamatório e antioxidante (Bridi et al., 2021).

As plantas produzem diversos compostos lipofílicos, uma vez que já foi verificada atividade biológica bactericida, fungicida, antiviral, antiparasitária, inseticida e analgésica. Dentre a diversidade de funções importantes são ainda, responsáveis pelas características aromáticas e condimentares da grande maioria das plantas (Taiz et al., 2017). A presença de compostos lipofílicos corrobora com estudos realizados com *Pogostemon cablin* Benth. por Guo et al. (2013). Os testes histoquímicos indicaram resultados positivos para lipídios totais por meio da coloração de Sudan Black B. Lima e Martins (2011) também verificaram resultados semelhantes nos tricomas glandulares de *Ocimum gratissimum* L.

De acordo com Fahn (2000), dentre as diversas substâncias lipofílicas secretadas pelas plantas estão os óleos essenciais com uma ampla variedade de terpenos e constituem um dos principais metabólitos secundários secretado por Lamiaceae (Bridi et al., 2021). Sua importância a espécies do gênero *Hyptis* já é conhecida, estudos mostram a presença de terpenoídicos incluindo diferentes monoterpenos, diterpenos, triterpenos e sesquiterpenos. Além disso, substâncias como hidrocarbonetos, ácidos graxos, esteroides, entre outros compostos, podem estar presentes nos óleos essenciais de espécies deste gênero. As atividades biológicas variam entre antisséptica, anti-inflamatória, antibacteriana, antifúngica, antinociceptiva, antiulcerogênica, inseticida, antimicrobiana, larvicida, dentre outras (Falcão & Menezes, 2003; Bridi et al. 2020; Caldas et al. 2020; Alves et al., 2022; Prato et al., 2022).

A secreção desses tipos de compostos pode estar vinculada à presença abundante de organelas como retículo endoplasmático liso e complexo de Golgi nessas estruturas secretoras (Tozin et al., 2016). Em *H. villosa* Pohl ex Benth., tricomas capitados Tipo I e Tipo II demonstraram reação positiva para lipídios totais além disso, o tricoma Tipo I foi positivo para terpenos, o Tipo II para compostos fenólicos concordando com os resultados obtidos em *H. pycnocephala* (Figura 9 G-K) (Tozin & Rodrigues, 2017).



Figura 9. Análises histoquímicas dos tricomas glandulares peltados (A-F) e glandulares capitados morfotipos I, II e VI (G-M) presentes na lâmina foliar de *Hyptis pycnocephala* Benth. **A.** Reação positiva para compostos fenólicos; **B.** Reação positiva para compostos fenólicos; **C.** Reação positiva para compostos fenólicos; **D.** Reação positiva para lipídios totais; **E.** Reação positiva para lipídeos totais; **F.** Reação positiva para óleos essenciais; **G.** Tricoma capitado tipo I, positivo para lipídios totais; **H.** Tricoma capitado tipo I, positivo lipídeos totais; **I.** Tricoma capitado tipo I, positivo para óleos essenciais; **J.** Tricoma capitado tipo II, positivo para compostos fenólicos; **K.** Tricoma capitado tipo II, positivo para lipídios totais; **L.** Tricoma capitado tipo II, lipídeos totais; **M.** Tricoma capitado tipo VI, positivo para lipídios totais. Fonte: Faria, M. T., 2022.

4.3 ÓLEOS ESSENCIAS

4.3.1 Obtenção e rendimento

O óleo essencial demonstrou aspecto amarelo-pardo, aroma agradável e foi acondicionado em frasco de vidro fosco, envolvido em papel alumínio, identificado e refrigerado. Quanto ao rendimento de um óleo em relação a quantidade de material vegetal empenhado na sua extração, ele pode variar de 0,05 a 10% a depender da espécie, mas esse fator ainda sofre influência do órgão vegetativo determinado, fase de desenvolvimento vegetal, condições do ambiente e fertilidade do solo (Teuscher, 1979; Teske & Trentini, 2001). O peso das drogas vegetais de *Hyptis pycnocephala* utilizadas nas extrações do óleo (após taragem do frasco) e seus respectivos rendimentos estão compilados na Tabela 12.

Tabela 12. Peso das folhas de *Hyptis pycnocephala* Benth. destinadas a extração do óleo essencial e os respectivos rendimentos associados a diferentes locais de coleta.

Fonte da coleta	Droga vegetal (g)	Peso bruto do óleo (g)	Rendimento
In situ (Inverno)	928,00	3,400	0,366 %
In situ (Primavera)	1436,00	2,172	0,151 %
In vitro	11,99	0,027	0,228 %
Aclimatizada	122,00	0,139	0,115 %
Aterrada	131,00	0,096	0,074 %

Fonte: os autores.

O rendimento de 0,168% alcançado pelo óleo extraído de *Cochlospermum regium* Mart. Ex Schrank (algodão-do-Cerrado) foi semelhante ao encontrado em *H. pycnocephala* coletada in situ durante a primavera, dado este que ressalta o fato de ambas não serem domesticadas (Menezes Filho et al., 2020a). *Justicia nodicaulis* (Nees) Leonard e *J. pectoralis* Jacq. coletadas no Cerrado do Estado de Goiás revelaram óleos com diferentes rendimentos, 0,05% e 0,14%, respectivamente elucidam comportamentos distintos mesmo que em gêneros concordantes (Domingues et al., 2018; Rocha et al., 2019).

A capacidade biossintética dos tricomas glandulares está relacionada com o rendimento do óleo, todavia, algumas espécies comerciais podem demonstrar esses níveis um pouco melhores (Deschamps et al., 2008; Almeida et al., 2020). Óleos essenciais de *Lavandula dentata* L., *Rosmarinus officinalis* e *Mentha arvenses* L., por exemplo, podem atingir rendimentos de 2,4%, 2,9% e 3,39% respectivamente (Gonçalves et al., 2009; Chagas et al., 2011; Mambri et al., 2018). As folhas são os órgãos vegetais de uso mais frequente e,

a depender da espécie, revelam rendimentos melhores que flores ou ramos (Menezes Filho et al., 2020b; Menezes Filho et al., 2020c). Alguns trabalhos correlacionam o aumento do rendimento a adubação com matéria orgânica, outrossim o déficit de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio pode promover queda de compostos (Morais, 2009; Rosal et al., 2011; Bufalo et al., 2015).

As estações do ano também influenciam, resultados obtidos no inverno (08/2021) e primavera (11/2021) revelaram queda de rendimento na primavera cuja intensidade luminosa é maior no Cerrado, devido ao clima seco e sem nuvens. Tal fato pode ser atribuído ao aumento da fotossíntese que conseqüentemente prioriza o metabolismo primário, estudos ainda revelam uma correlação negativa entre níveis de radiação solar e rendimento (Alonso et al., 2021; Moraes, 2009; Schindler et al., 2018). Além disso, a menor incidência luminosa no inverno contribui para que os compostos sensíveis a altas temperaturas não evaporem. Outro ponto, é o estresse hídrico dessa estação, a baixa precipitação no inverno do Cerrado melhorou o rendimento do óleo essencial de *Mentha arvenses* (Morais, 2009; Chagas et al., 2011).

A escolha da metodologia de extração é capaz de promover muita interferência no rendimento. O óleo obtido de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf (capim-limão), utilizando folhas frescas, promoveu melhor teor de rendimento em comparação com o obtido de folhas desidratadas. Entretanto, a secagem prévia do material favoreceu o rendimento no caso do óleo extraído de *Hyptis marruboides* Epl. (Borges et al., 2019; Silva et al., 2021a). Tal dado fortalece a influência da espécie sobre teor de produção de seu óleo essencial.

4.3.2 Identificação e quantificação dos compostos químicos

Dentre os compostos do óleo de plantas coletadas in situ (duas épocas distintas), in vitro, aclimatizadas e plantadas no solo alguns foram constantes e, portanto, foram considerados como parte do perfil químico (Tabela 13). As amostras de *H. pycnocephala* compiladas identificaram os terpenos majoritários endo-fenchol, α -pineno e β -cariofileno. Embora suas concentrações variem, foram os mais predominantes em todas as análises, configurando um padrão consistente ilustrado na Tabela 13.

O composto em maior predominância, o fenchol, é um derivado do fenchone responsável por atrair insetos (Benabdelkader et al., 2015). Encontrado no óleo de *Ocimum* spp, *Lavandula angustifolia* L., *L. stoechas* L., *L. dentata*, em *Cannabis Sativa* L., é o

terpeno mais abundante. Por proteger da neurodegeneração provocada pela doença de Alzheimer, tem sido relatado como um composto natural capaz de melhorar a abordagem terapêutica dessa patologia (Sudriá et al., 1999; Bona et al., 2012; Al Bakain et al., 2020; Razazan et al., 2021). Em *L. pedunculata* (Miller) pode compreender 48% das substâncias voláteis o que explica o uso popular frequente de espécies de *Lavandula* como neuroprotetor (Benabdelkader et al., 2015; Butas et al., 2021; Zahid et al., 2021). O composto possui ainda propriedade antibacteriana (Soyot et al., 2020) e biolarvicida (Brandao et al., 2020), além de um potencial para perfumaria (Mammen & Daniel et al., 2013).

Tabela 13. Concentração dos compostos que compõem o perfil químico do óleo essencial de *Hyptis pycnocephala* Benth. a partir de material botânico coletado em diferentes ambientes.

Composto	Concentração do composto (%) e local da coleta				
	In situ ago/21	In situ nov/21	In vitro	Aclimatizada	Cultivo no solo
Endo-fenchol	27,44	25,79	40,43	24,07	25,55
α -pineno	23,03	30,34	14,55	26,05	15,68
β -carifileno	11,89	7,33	15,79	11,31	8,63
β -pineno	7,51	10,07	3,64	9,17	7,51
Mirceno	4,52	7,46	1,31	6,05	9,72
Limoneno	4,00	5,55	4,12	5,58	8,9
Fenchone	3,27	2,72	1,05	2,65	1,70
Linalol	1,68	1,20		1,23	2,21
β -copaene	1,46	0,84	0,58	1,22	1,19
Camphene	0,46	0,55	0,29	0,48	
Spathulenol	0,86	0,67		0,61	0,86
Germacrene D	2,60	1,10		3,56	1,89
γ -cadinene	0,80		1,57	0,63	0,55
δ -cadinene	0,81		2,26	0,54	0,70
1,8 cineol	0,42	0,54		0,43	
Viridiflorene	1,79			1,48	1,90
γ -himachalene	0,56			0,41	0,56
γ -muurolene	0,54			0,54	0,36
Borneol	0,99		1,69		1,94
β -ocimene <E>	0,31	0,28		0,43	
β -bourbonene	0,92	0,54			0,33
6-methylheptan-2-ol		0,31	0,22	0,25	
Camphor	0,66				0,35
α -humulene	0,46			0,48	0,73
β -ocimene <Z>				0,28	0,36
Isoborneol		0,81		0,87	

Fonte: os autores.

O segundo composto pertence a classe dos pinenos que são comuns em pinheiros e apresentam isômeros na forma α e β . Em *H. crenata* Pohl ex Benth, o α -pineno é tido como composto principal do óleo essencial apresentando concentrações próximas a 20% (Rebelo et al., 2009; Sedano-Partida et al., 2020). No entanto, ele foi constatado como majoritário em óleos de espécies, que assim como *H. pycnocephala*, são utilizadas como expectorante para bronquite (Maggioni et al., 2018). Essa molécula, juntamente ao limoneno e mirceno, são conhecidas por contribuir na regulação do sono o que pode corroborar com o uso popular de *H. pycnocephala* como tranquilizante (Silva et al., 2022).

Bem como os pinenos, o cariofileno também se destaca entre os constituintes mais comuns em óleos essenciais de *Hyptis* spp. (Sedano-Partida et al., 2020). Ele está dentre os compostos majoritários de *H. brachiata* Briq. e *H. crenata* Pohl ex Benth.. Similar ao que foi encontrado em *H. pycnocephala* coletada no inverno, sua conformação β revelou teores estimados em 12,8% no óleo extraído de folhas de *H. dilatada* Benth. (Chacón et al., 2004; Tafurt-García et al., 2014). O β -cariofileno é considerado o único terpeno, dentre a classe, capaz de interagir com o sistema endocanabidóide e inibir citocininas pró-inflamatórias, elucidando uma ação no sistema nervoso e um potencial antipsicótico para distúrbios de esquizofrenia (Andrade et al., 2022; Soares et al., 2022; Tambeli et al., 2023).

Os compostos β -pineno, mirceno e limoneno foram considerados integrantes secundários ao perfil químico do óleo de *H. pycnocephala*, o que foi demonstrado na Figura 10. No óleo extraído de *H. crenata* foi encontrado teores de limoneno muito próximos ao de *H. pycnocephala* micropropagada, evidenciando interferência do estressor ambiente (Rebelo et al., 2009). β -pineno e β -cariofileno também recebem destaque para composição química do óleo de *H. conferta* Pohl ex Benth. (Tafurt-García et al., 2014).

Um comparativo dentre destacou qual dentre eles tem sua produção priorizada pela planta a depender do ambiente cultivado. Aparentemente, o β -pineno demonstra maior relevância para a planta, em contrapartida, o limoneno que costumava apresentar concentrações menores que o mirceno, superou a concentração desse composto quando *H. pycnocephala* fora cultivada in vitro (Figura 10). Vale ressaltar que essas alterações podem ter sofrido influência do estresse, evidenciando necessidade de estabelecer protocolo padrão. Adicionalmente, a sazonalidade interferente não apenas nas plantas coletadas in situ, mas também nas aclimatizadas e plantadas no solo.

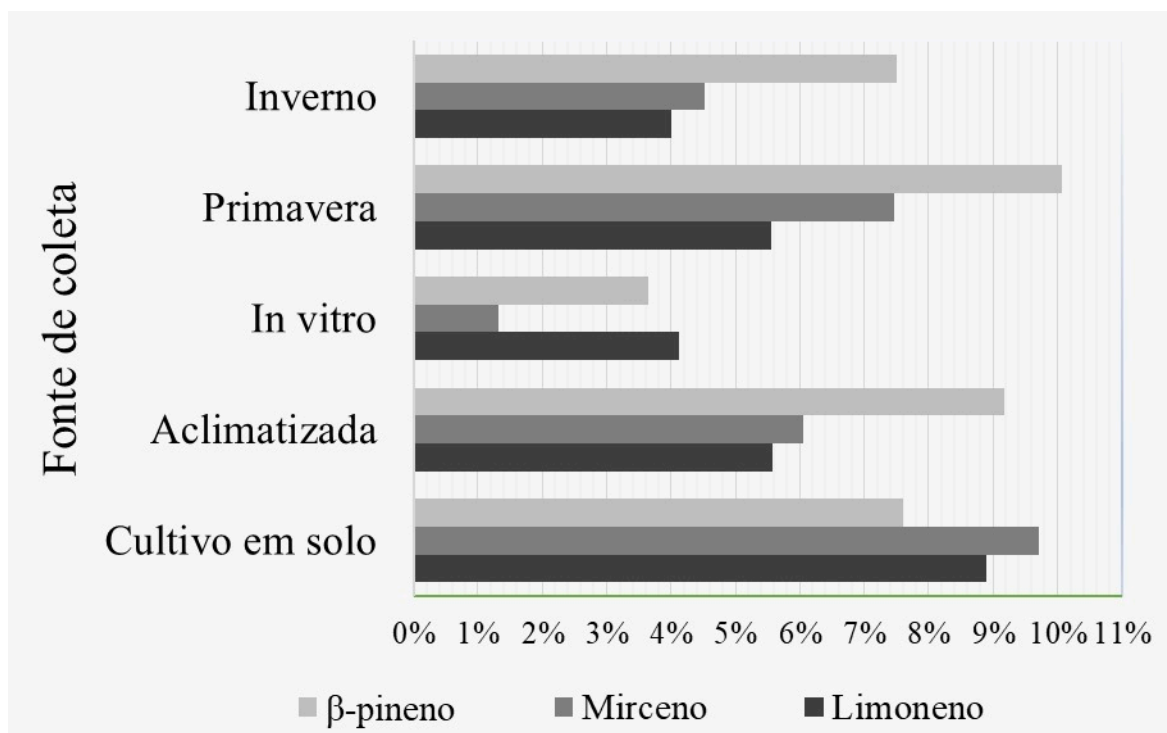


Figura 10. Variação entre os principais compostos secundários presentes no óleo essencial de *Hyptis pycnocephala* Benth. cultivada em diferentes ambientes. Fonte: Chaga, L.T., 2022.

Os demais terpenos identificados foram tidos como compostos terciários uma vez que apresentaram concentrações próximas ou menores que 3%. São considerados 1,8 cineol; β-ocimene, fenchona, linalol, β-copaene, spathulenol, camphene, camphor, borneol, β-bourbonene, α-humulene, Germacrene D, γ-himachalene, viridiflorene, γ-cadinene e δ-cadinene. Todos esses compostos já foram identificados em óleos essenciais de pelo menos uma espécie do gênero *Hyptis spp.* por Sedano-Partida et al. (2020), todavia os autores destacaram, dentre estes, os derivados do cadinene como os compostos de maior frequência.

A molécula de 1,8 cineol foi encontrada no óleo essencial de *H. leucocéfala* Mart ex Benth. em teores tão baixos quanto em *H. pycnocephala* (Prado & Prado, 2022), esse terpeno somado a camphor, α-pineno e β-pineno compõe o óleo extraído de *H. crenata* (Lima et al., 2023). O óleo de *H. umbrosa* Salzm. também demonstra semelhanças ao revelar β-ocimene, linalol, α-humulene e δ-cadinene em sua composição química em quantidades tão reduzidas quanto o óleo extraído de *H. pycnocephala* (Chacón et al., 2004).

Por não ter sido identificado em todas as extrações, acredita-se que o borneol tenha adquirido a conformação de isoborneol. Esse composto foi identificado no óleo de *H. pycnocephala* extraído de amostras coletadas durante a primavera e aclimatização. Por

vezes, constatou-se presença de 6-methyl-heptan-2-ol e γ -muurolene, mas não em todas as amostragens. O primeiro esteve em folhas coletadas no período de primavera in situ e de aclimatização (0,31 e 0,25% respectivamente) já o γ -muurolene, foi verificado em plantas coletadas in situ durante primavera e em fase de aterramento (1,10 e 0,36% respectivamente).

Compostos como linalol, pinenos, 1,8 cineol, borneol, limoneno, cariofileno podem ser comuns ao perfil químico do óleo obtido de Lamiaceae (Mendonça et al., 2009; Passos et al., 2009; Mena et al., 2020). Isso não infere que as espécies contenham sempre esses terpenos, contudo presume-se certa frequência em seus óleos. Esse dado pode ser sustentado por meio da análise dos óleos essenciais de *Thymus vulgaris* L. (Nunes et al., 2021), *Origanum vulgare* (Vilanova et al., 2018), *Lavandula spp*, *Mentha piperata* L. e *Rosmarinus officinalis* (Mendes et al., 2022), que contém pelo menos três das substâncias citadas, em sua composição química.

As plantas cultivadas in vitro e plantadas no solo revelaram terpenos considerados “excepcionais” ao perfil químico do óleo. Em plantas micropropagadas não foi constatado β -ocimene, germacreno, linalol, spathulenol e 1,8 cineol, compostos aparentemente constantes. Outros alteraram consideravelmente a concentração, como o mirceno, que reduziu para 1,31% e foi superado por terpenos atípicos como Dauca-4(11),7-diene, α -Santalene e β -Guaiene. Já em plantas plantadas no solo, os compostos totais passaram de 20 para 30, entretanto, alguns deles apenas produziram mais de seus isômeros. O γ -muurolene, comum ao perfil, foi identificado nas conformações muurolol e muurolene, o mesmo aconteceu com β -copaene, que apresentou além desta, a sua conformação α (Tabela 14).

Tabela 14. Concentração dos compostos identificados no óleo essencial de *Hyptis pycnocephala* Benth. considerados atípicos ao perfil químico da planta.

Tipo de cultivo	Compostos novos	Concentração
<i>In vitro</i>	Dauca-4(11),7-diene	4,39%
	β -Santalene	2,20%
	β -Guaiene	2,05%
	Amorpha4,7(11) diene	1,42%
	Modheph-2-ene	0,61%
	α -Guaiene	0,58%
	Cyclosativene	0,53%
	10-epi- γ -Eudesmol	0,52%
Cultivadas em solo	δ -3-Carene	2,70%
	Óxido de cariofileno	1,85%

Cadionol	0,78%
α -Terpineol	0,64%
β -Elemene	0,45%
Terpinen-4-ol	0,41%
Muurolol	0,39%
Acetato de fenetila	0,37%
β -Atlantol	0,36%
α -Copaene	0,25%
14-Hidroxy- α -Muurolene	0,23%

Fonte: o autor.

O nível de incidência luminosa exerce evidente influência, o efeito do sombrite sobre o óleo extraído de *H. pycnocephala* aclimatizada corroborou com os dados de *Mentha arvensis* analisados por Assis et al. (2022). O horário é outro fator, mesmo que padronizado nesta obra, salienta-se que o óleo extraído de fonte vegetal coletada até 12h pode não conter os mesmos compostos que aquele obtido de coletas feitas no final do dia (Ribeiro et al., 2018). O linalol, por exemplo, pode ter a concentração variada em até 10% dependendo do horário em que a droga vegetal foi coletada. Ademais, essa alteração pode prevalecer conforme for o órgão vegetal, localização geográfica, período de floração e de frutificação (Silva et al., 2020).

Em contrapartida houve queda de teores de pinenos e do mirceno no óleo extraído de *H. pycnocephala* cultivada in vitro. Esse tipo de cultivo promoveu o aumento de endo-fencol em 48%. Contrapondo a baixa produção de α -pineno por plantas no solo, observou-se um aumento nos níveis de mirceno e, em especial, de limoneno, ambos atingindo teores próximos a 9%, que em outras análises não ultrapassaram 7 e 5,5% respectivamente. Os dados em questão reforçam a influência do estresse e do ambiente na produção dos compostos metabólitos (Passinho-Soares et al., 2017; Radomir et al., 2022).

Temperaturas elevadas promoveram interferência direta em *Hyptis marruboides* fazendo com que o teor de rendimento aumente, diferentemente do que aconteceu com óleo de *H. pycnocephala* coletada durante a primavera. Não obstante, temperaturas consideradas mais amenas viabilizaram alteração do principal componente majoritário em ambas espécies. Em *H. radicans* Pohl, ao invés de mudança na composição química do óleo, a queda de temperatura promoveu redução no número total de compostos. Sabe-se que a sazonalidade pode ser responsável por aumentar o percentual de um composto, outrossim, ela não necessariamente aumenta o teor de rendimento do óleo essencial (Botrel et al., 2010b; Chagas et al., 2011; Santos et al., 2018).

A composição química dos metabólitos secundários é mais influenciada pelo microambiente que a planta está inserida do que pelo domínio fitogeográfico, a disponibilidade de água e o grau do estresse abiótico são fatores determinantes para a resposta do vegetal. Tal fato pode ser elucidado pela elevação da produção de metabólitos por plantas coletadas em época de seca, por outro lado, em estiagem, elas geram efeito reverso e diminuem a taxa desses compostos (Santos et al., 2018; Silva et al., 2020). No cultivo convencional pode ser feita a reposição de nutrientes com adubo para melhora da produção de compostos metabólitos, já no in vitro, pode ser optado pelo uso de reguladores de crescimento (Silva & Magalhaes, 2023; Sussa et al., 2023).

4.3.3 Perspectivas terapêuticas

Espécies de *Hyptis* são conhecidas por proporcionar forte capacidade antioxidante, todavia algumas delas podem variar em seus efeitos terapêuticos (Santos et al., 2018). Além de antioxidante, as espécies podem apresentar potencial antibacteriano como é o caso de *H. dilatata*, *H. lacustres* A.St.-Hill e *H. rhomboidea* Mart. O gênero se destaca também quanto a atividade antifúngica que pode ser promovida por *H. atrorubens* Poit., *H. brevipe* Poit., *H. crenata*, *H. lanceolata* Poit., *H. passerina* Mart., *H. rhomboidea* Mart. e *H. saxatilis* A.St.-Hill. (Sedano-Partida et al., 2018).

Por se difundirem na parede celular de fungos, os óleos essenciais impedem a permeabilidade da membrana e inibem a síntese de DNA, RNA e proteínas (Shao et al., 2013; Karpinski, 2020). Velasquez & Bustamante (2020) citam o óleo de *Mentha spp*, *Ocimum sanctum* Linn, *Origanum vulgare*, *Rosmarinus officinalis* e *Thymus vulgaris*. como outras Lamiaceae de efeito antifúngico demonstrando a relevância dos terpenos no combate desses micro-organismos.

A capacidade hidrofóbica dos óleos essenciais lesiona ainda a membrana das bactérias, o que pode impedir a permeabilidade celular, alterar o gradiente de concentração ou perda de conteúdo celular resultando em morte. Terpenos ligados a um grupo fenol promovem desnaturação das proteínas de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas incluindo aquelas responsáveis pela deterioração de alimentos, evidenciando assim, aplicação até mesmo para segurança alimentar (Smaoui et al., 2016; Nieto, 2017; Vazquez et al., 2019).

A diversidade entre óleos essenciais pode vir a elucidar suas diferentes propriedades medicinais como antiviral, antidiabético, anti-inflamatório, antiprotozoário e antimutagênica (Rault & Karuppayil; 2014; Silva et al., 2021b). A literatura ainda não é categórica se a biotividade procede dos compostos de maior concentração ou do sinergismo químico entre as moléculas presentes no óleo (Bueno-Sanchez et al., 2009). A associação dos terpenos mentol e mentona é capaz de sequestrar radicais livres e promover um efeito antioxidante, por sua vez, isolar o composto eugenol pode dar origem a antissépticos e analgésicos eficazes (Cruz & Bezerra, 2017; Ramos et al., 2017).

5 CONCLUSÕES

Para micropropagação de *H. pycnocephala*, o meio WPM é o mais indicado e a adição de PPMTM (*Plant Preservative Mixture*) promove queda nos índices de contaminação. O uso de 144,5 μM de ácido giberélico (GA3) melhora a taxa de germinação, entretanto, é necessária hidratação prévia da núcula, imergindo-as em água 24h antes do contato com este regulador. A adição de 6-benzilaminopurina (BAP) a 6,66 μM melhora os índices de brotação, contudo, o enraizamento in vitro dispensa o uso de auxina. A aclimatização de *H. pycnocephala* proveniente do cultivo in vitro, requer um comprimento mínimo de raiz de 1,0 cm, enquanto o tipo de substrato, não exerce influência para o desenvolvimento.

Quanto aos tricomas glandulares analisados morfológica e histoquimicamente, a micropropagação de *H. pycnocephala* não interfere na sua estrutura, local de síntese ou acúmulo de metabólitos. Dentre as morfologias, foram identificados tricomas glandulares peltados e capitatos, sendo este último subdividido em tipo I e II. No entanto, plantas coletadas na natureza apresentaram maior incidência de tricomas peltados. Todos os tricomas demonstraram reação positiva para presença de lipídeos, terpenos e compostos fenólicos. Houve predominância na face abaxial das folhas de plantas coletas in situ e ex situ. Os dados corroboram com o esperado para espécies de Lamiaceae e o caráter aromática desta família.

O óleo essencial de *H. pycnocephala* revelou rendimento de 0,366% quando extraído de plantas coletadas in situ durante o inverno. Foi constatado que o endo-fenhol, α -pineno e β -cariofileno compõem majoritariamente seu perfil químico uma vez que esses compostos predominaram em todas as análises. O cultivo in vitro promoveu novos metabólitos como Dauca-4(11),7-diene e δ -3-Carene, além do mais, melhorou os índices de β -cariofileno e endo-fenhol, em 32% e 48% respectivamente. Os óleos extraídos de plantas aterradas apresentaram melhora substancial nos teores de limoneno e mirceno, atingindo níveis estimados em torno de 9%. Adicionalmente, essa condição também resultou em um aumento no total de compostos. Os terpenos identificados elucidaram uso popular dessa espécie para o tratamento de doenças respiratórias e dissuasor de estresse.

6 REFERÊNCIAS

ALFAYATE, M. C. et al. La mixocarpia de *Salvia aegyptiaca* L. y su aplicación etnobotánica. **Botanica Complutensis**, v. 32, p. 213-216, 2008.

ALMEIDA, J. C.; ALMEIDA, P. P. & GHERARDI, S. R. M. Potencial antimicrobiano de óleos essenciais: uma revisão de literatura de 2005 a 2018. **Nutri-Time**, v. 17, n. 01, p. 8623-8633, 2020.

ALONSO, A. M. et al. Influência de elementos meteorológicos no rendimento e na composição química do óleo essencial de *Lippia origanoides* Kunth cultivada no Cerrado no Distrito Federal. **Planaltina**, Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2021.

ALVES, J. J. L et al. Cinética de secagem das folhas de *Hyptis suaveolens*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 19, n. 2, p. 168-176, 2017.

ALVES, N. V. et al. Potencial farmacológico dos óleos essenciais: uma atualização. In: ALMEIDA JUNIOR, S. (Org). **Práticas Integrativas e Complementares: visão holística e multidisciplinar**. 1. ed. Editora Científica Digital, 2022. v. 2, cap. 13, p. 144-160.

ALVES, D. S.; ALMEIDA, G. S. S.; SANTANA, I. N. Lamiaceae Martinov no município de Alagoinhas, Bahia, Brasil. **Paubrasilia**, v. 6, p. 105, 2023.

AMARAL, A. et al. Potenciais terapêuticos dos canabinoides. **Acta Farmacêutica Portuguesa**, v. 9, n. 2, p. 63-76, 2020.

ANDRADE, S. R. M. **Princípios da cultura de tecidos vegetais**. 1ª Ed. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2002.

ANDRADE, N. P. et al. Novas possibilidades farmacológicas para o tratamento da esquizofrenia: uma revisão integrativa de literatura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, 2022.

AQUINO, F. R. Estudo metabolômico dos constituintes voláteis de algodoeiro submetido à interações bióticas e abióticas e mecanismos de indução de resistência. **2020. Dissertação** (Mestrado em Química) - Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil, 2020.

ARRUDA, J. R. S. Uso de plantas medicinais como auxiliar na perda de peso. In: PESSOA, Debora Luana Ribeiro (Org.). **Farmácia na atenção e assistência à saúde**. Ponta Grossa: Atena, 2020, p. 33-44.

ASCENSÃO, L. et al. Glandular trichomes on vegetative and reproductive organs of *Leonotis leonurus* (Lamiaceae). **Annals of Botany**, v. 75, n. 6, p. 619-626, 1995.

ASCENSÃO, L.; PAIS, M. S. The leaf capitate trichomes of *Leonotis leonurus*: histochemistry, ultrastructure and secretion. **Annals of Botany**, v. 81, p. 263-271, 1998.

ASCENSÃO, L., Estruturas secretoras e plantas. Uma abordagem morfo-anatômica.

In: FIGUEIREDO, A. C.; BARROSO, J. G.; PEDRO, L. G. (Ed). **Potencialidades e Aplicações das Plantas Aromáticas e Medicinais**. 3. ed. Lisboa: Faculdade de ciencias da Universidade de Lisboa – Centro de Biotecnologia Vegetal, 2007, p. 19-28.

ASENSIO, E.; JUAN-MENDEZ, R. M.; JUAN-VICEDO, J. In vitro Propagation and Phytochemistry of Thymol-Producing Plants from a Horticultural Form of *Thymus* × *joosephi-angeli* Mansanet & Aguil.(Lamiaceae). **Horticulturae**, v. 8, n. 12, p. 1188, 2022.

ASSIS, R. M. A. et al. Cultivo sob diferentes malhas e níveis de sombreamento afetam a produção de biomassa, teor, rendimento e composição química do óleo essencial de *Mentha arvensis* L. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, 2022.

BAKAIN, R. Z.; AL-DEGS, Y. S.; CIZDZIEL, J. V.; ELSOHLI, M. A. Comprehensive classification of USA cannabis samples based on chemical profiles of major cannabinoids and terpenoids. **Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies**, v. 43, n. 5-6, p. 172-184, 2020.

BARREIRO, P. G. et al. The role of fruit traits on the germination of *Mesosphaerum suaveolens* and *Cantinoa americana* (Lamiaceae), two pesticidal plant species. **Scientia Horticulturae**, v. 295, p. 110839, 2022.

BATALHA, M. A. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 21-24, 2011.

BENABDELKADER, Tarek et al. Functional characterization of terpene synthases and chemotypic variation in three lavender species of section *Stoechas*. **Physiologia plantarum**, v. 153, n. 1, p. 43-57, 2015.

BENELLI, G. & PAVELA, R. Repellence of essential oils and selected compounds against ticks—A systematic review Author links open overlay panel. **Acta tropica**, v. 179, p. 47-54, 2018.

BENKADDOUR, R. et al. Micropropagation and Acclimatization of Common Oregano (*Origanum vulgare* L. Subsp. *vulgare*) by Shoot Tip Culture. **American Journal of Plant Sciences**, v. 13, p. 833-855, 2022.

BEZERRA, J. W. A. et al. Composição química e avaliação toxicológica de *Hyptis suaveolens* (L.) Poiteau (LAMIACEAE) em *Drosophila melanogaster* e *Artemia salina*. **South African Journal of Botany**, v. 113, p. 437-442, 2017.

BHATT, A.; SANTO, A.; GALLACHER, D. Seed mucilage effect on water uptake and germination in five species from the hyper-arid Arabian desert. **Journal of Arid Environments**, v. 128, p. 73-79, 2016.

BISIO, A. et al. Glandular hairs and secreted material in *Salvia blepharophylla* Brandegees ex Epling grown in Italy. **Annals of Botany**, v. 83, n. 4, p. 441–452, 1999.

BONA, C. M. et al. Influence of cutting type and size on rooting of *Lavandula dentata* L. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, p. 8-11, 2012.

BORGES, F. V. & SALES, M. D. C. Políticas públicas de plantas medicinais e fitoterápicos no Brasil: sua história no sistema de saúde. **Pensar Acadêmico**, v. 16, n. 1, p 13-27, 2018.

BORGES, F. F. et al. Efeito da secagem sobre o rendimento de óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf). **Global Science and Technology**, v. 12, n. 3, 2019.

BORGHETTI, F.; et al. Fitogeografia das savanas sul-americanas. 2023. Disponível em: https://jbb.ibict.br/bitstream/1/1757/1/v17_Fitogeografia%20das%20savanas.pdf.

BOTREL, P. P. et al. Content and chemical composition of *Hyptis marrubioides* essential oil in function of seasons. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, p. 533-538, 2010a.

BOTREL, P. P. et al. Variações no teor e na composição volátil de *Hyptis marrubioides* Epl., cultivada no campo e em casa de vegetação. **Química nova**, v. 33, n. 1, p. 33-37, 2010b.

BOZZOLA, J. J. & RUSSEL, L. D. **Electron Microscopy: Principles and Techniques for Biologists**. 2ed. Boston: Jones and Bartlett, 670 p., 1992.

BRANDAO, C. M. et al. Composition and Larvicidal Activity of the Oil of *Dizygotemon riparius* (Plantaginaceae), a New Aromatic Species Occurring in Maranhão, Brazil. **Chemistry & Biodiversity**, v. 17, n. 11, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. Decreto nº 5.813, de 22 de junho de 2006. Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. Acesso em: 28 jun 2022.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC Nº 60, de 10 de novembro de 2011, dispõe Formulário de Fitoterápicos da Farmacopeia Brasileira. Diário Oficial da União República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 11 de nov. 2011. Acesso em: 28 jun 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Práticas integrativas e complementares: plantas medicinais e fitoterapia na atenção básica. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. (Série A. Normas e Manuais Técnicos) (Cadernos de Atenção Básica; n. 31).

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). RDC Nº 84, de 17 de junho de 2016. Aprova o Memento Fitoterápico da Farmacopeia Brasileira e dá outras providências. Diário oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 17 jun. 2016. Acesso em: 28 jun 2022.

BRIDI, H.; MEIRELLES, G. C.; POSER, L. G. Subtribe Hyptidinae (Lamiaceae): A promising source of bioactive metabolites. **Journal Ethnopharmacology**, v. 264, 2021.

BUENO-SANCHEZ, J. G.; MARTÍNEZ-MORALES, J. R.; STASHENKO, E. Actividad antimicrobacteriana de terpenos. **Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud**, v. 41, n. 3, p. 231-235, 2009.

BUFALO, J. et al. Organic versus conventional fertilization effects on sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) growth in a greenhouse system. **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 249-254, 2015.

BUTAŞ, A. A. et al., Uses of the genus *Lavandula* for human health: A literature review **Hop and Medicinal Plants**, v. 29, n.1-2, 2021.

CAIN, A. J. The use of Nile blue in the examination of lipids. **Quarterly Journal of Microscopical Science**, v. 88, n. 3, p. 383-392, 1947.

CAMARA, C. A. et al. Caracterização morfológica de frutos e sementes e efeito da temperatura na germinação de *Parkia pendula* (WILLD.) Benth. ex Walp. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 3, p. 281-290, 2008.

CARDOSO, V. J. M. Conceito e classificação da dormência em sementes. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 619-631, 2009.

CARVALHO, J. M. F. C. et al. **Embriogênese Somática**. EMBRAPA Algodão – Documentos (INFOTECA-E), 2006.

CHAGAS, J. H. et al. Produção de biomassa e teor de óleo essencial em função da idade e época de colheita em plantas de hortelã-japonesa. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 327-334, 2011.

CHATRI, M. et al. Leaf trichomes morphology of *Hyptis suaveolens* (L.) poit. (Lamiaceae). In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 335, 2018. Disponível em: 10.1088/1757-899X/335/1/0120202018

CID, L. P. B. **Cultivo in vitro de plantas**. 3ª Edição. Brasília, DF: EMBRAPA, 2014.

CNCFLORA. Manual Operacional: Avaliação de Risco de Extinção das Espécies da Flora Brasileira. Ministério do Meio Ambiente. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: MMA/JBRJ, p 64, 2012. Disponível em: [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Hyptis nivea](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Hyptis%20nivea). Acesso em 19 fevereiro 2021.

CORREIA, D. B. et al. Essential Oils from Lamiaceae Species with potential Antifungal activity: a review. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, 2022.

COSTA, D. F. N. **Potencial imunomodulador e antimicrobiano do (+)- α -Pinenol e (+)- β -Pinenol**. 2017. 53 f. Dissertação (Mestre em Odontologia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

CRUZ, M. J. F. & BEZERRA, S. B. Obtenção do óleo essencial de *Ocimum gratissimum* L para desenvolvimento de cosmético de limpeza facial. **Revista Diálogos Acadêmicos**, v. 6, n. 2, 2017.

DALIN, P. et al. Leaf Trichome Formation and Plant Resistance to Herbivory. In: SCHALLER, A. (Ed). **Induced Plant Resistance to Herbivory**. 1 ed. Dordrecht: Springer, 2008. cap. 4, p. 89-105.

DAVID, R.; CARDE, J. P. Coloration differentielle des inclusions lipidique et terpeniques des pseudophylles du Pin maritime au moyen du reactif Nadi. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences**, v. 258, p. 1338–1340, 1964.

DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras: materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 60 p.

DESCHAMPS, C. et al. Avaliação sazonal do rendimento de óleo essencial em espécies de menta. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p. 725-730, 2008.

DIAS, A. L. B. et al. Chemical composition and in vitro inhibitory effects of essential oils from fruit peel of three Citrus species and limonene on mycelial growth of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, n. 2, p.460-464, 2020.

DOMINGUES, A. M. et al. *Justicia* L. (Acanthaceae) em cerrado goiano: avaliação de toxicidade de óleo essencial em *Justicia pectoralis* Jacq. **CIPEEX**, v. 2, p. 167-179, 2018.

EBADOLLAHI, A.; ZIAEE, M.; PALLA, F. Essential oils extracted from different species of the Lamiaceae plant family as prospective bioagents against several detrimental pests. **Molecules**, v. 25, n. 7, p. 1556, 2020.

ENGELMANN, F. Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity. In vitro **Cellular & Developmental Biology – Plant**, v. 47, p. 1-13. 2011.

EPLING, C. Revisión del género *Hyptis*.(Labiatae). **Revista del Museo de la Plata**, v. 7, n. 30, p. 153-497, 1949.

EVERT, R. F. **Anatomia das plantas de Esaú: meristemas, células e tecidos do corpo da planta: sua estrutura, função e desenvolvimento**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2013. 728 p.

FAHN, A. Structure and Function of Secretory Cells. In: Hallahan, D. L., Gray, J.C. and Callow, J. A., Ed: **Advances in Botanical Research**, Incorporating Advances in Plant Pathology, v. 31, Plant Trichomes, Academic Press, London, 37-66. 2000.

FALCÃO, D. Q. & MENEZES, F. S. Revisão etnofarmacológica, farmacológica e química do gênero *Hyptis*. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 84, n. 3, p. 69-74, 2003.

FAMBRINI, M. & PUGLIESI, C. The dynamic genetic-hormonal regulatory network controlling the trichome development in leaves. **Plants**, v. 8, n. 8, p. 253, 2019.

FARRE-ARMENGOL, G. et al. β -Ocimene, a Key Floral and Foliar Volatile Involved in Multiple Interactions between Plants and Other Organisms. **Molecules**, v. 22, n. 7, 2017.

FEITOSA-ALCANTARA, R. B. et al. Analysis of genetic diversity of *Hyptis pectinata* (L.) Poit. plants using ISSR markers. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3, 2017.

FEHER, A. Callus, dedifferentiation, totipotency, somatic embryogenesis: what these terms mean in the era of molecular plant biology? **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 536, 2019.

FERNANDES, R. M. N. & SCAPIN, E. Plantas típicas de Cerrado brasileiro utilizadas como inibidores da acetilcolinesterasa: uma revisão sistemática. **Revista Desafios**, v. 7, n. 3, 2020.

FERREIRA, H. D. et al. **Morfologia, taxonomia, filogenia, anatomia foliar e fitoquímica de espécies do gênero *Hyptis* Jacq. (Labiatae) ocorrentes em em Goiás e Tocantins.** 2010. 483f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

FERREIRA, L. C. et al. Atividade antiparasitária do óleo essencial de *Mentha piperita* (Lamiaceae) em *Piscinoodinium pillulare* e seus efeitos fisiológicos em juvenis de tambaqui. In: **Embrapa Amazônia Ocidental-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. Resumo apresentado no XV Encontro Brasileiro de Patologistas de Organismos Aquáticos, Rio de Janeiro, 2018.

FERREIRA, L. V. et al. Indução de brotos in vitro em maracujazeiro doce BRS mel do cerrado. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 9644–9652, 2020a.

FERREIRA, D. L. et al. Leaf anatomy and histochemistry of Oriza (*Pogostemon cablin* Beth., LAMIACEAE): Medicinal plant used in community Arari region, Itacoatiara, Amazonas. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)**, v. 7, n. 4, 2020b.

FIGUEIREDO, S. D. N. et al. Avaliação da atividade moduladora e citotóxica do óleo essencial das folhas de *Hyptis martiusii* Benth. **Revista Ciencias de la Salud**, v. 16, n. 1, p. 49-58, 2018.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2023. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 6 jul. 2023.

FLORENCIO, J. M. N. et al. Commercialization of medicinal plants: an ethnobotanic study at the herb fair in the municipality of Caruaru – PE. In: PESSOA, D. L. R. (Org.). **Farmácia na atenção e assistência à saúde**. Ponta Grossa: Atena, 2020, p. 22-32.

FONTES, C. S. et al. Potencial de nanoemulsões contendo óleos essenciais para o controle alternativo de dermatoses fúngicas em animais domésticos. In: RESENDE, J. A. et al. **Tópicos especiais em ciência animal X**. 1. ed. Alegres: CAUFES, 2021. cap 13, p. 233-253. 2021.

FORKET, D. E.; KIEBER, J.; HILL, C. C. Citocininas: Reguladores da Divisão celular. In TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2013, p. 619-646.

FRANCO, M. J. C. S. & ALBIERO, A. L. M. Estruturas secretoras em folha e caule de *Esenbeckia febrifuga* (A. St.-Hil.) A. Juss. ex Mart. e *Esenbeckia grandiflora* Mart. (Rutaceae). **Hoehnea**, v. 45, p. 468-483, 2018.

FREITAS, E. M. et al. Propagação in vitro de *Cattleya intermedia* Graham ex Hook. (Orchidaceae) em diferentes meios de cultura. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 11, n. 1, 2014.

GALDIANO JUNIOR, R. F. et al. Morfologia da germinação de sementes e crescimento in vitro de *Cattleya walkeriana* Gardner em diferentes meios nutritivos. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 456–463, 2014.

GHADERI, S. et al. In vitro propagation and phytochemical assessment of *Perovskia abrotanoides* Karel. (Lamiaceae) – A medicinally important source of phenolic compounds. **Biocatalysis and agricultural biotechnology**, v. 19, 2019.

GOELZER, A. et al. Reguladores de crescimento na multiplicação in vitro de *Campomanesia adamantium* (Cambess.) O. Berg (Myrtaceae). **Brazilian Applied Science Review**, v. 3, n. 2, p. 1280–1291, 2019.

GONÇALVES, G. G.; MANCINELLI, R. C.; MORAIS, L. A. S. Influência do horário de corte no rendimento de óleo essencial de alfavaquinha e alecrim. **Horticultura brasileira**, v. 27, n. 2, 2009.

GONÇALVES, L. D. A., et al. Caracterização e ontogenia dos tricomas glandulares de *Ocimum selloi* Benth. - Lamiaceae. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, p. 909-915, 2010.

GUO, B. et al. Thidiazuron: A multi-dimensional plant growth regulator. **Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 45, p. 8984-9000, 2011.

HARLEY, R. M; et al. Labiatae. In: KUBITSKI, K. **The Families and Genera of Vascular Plants**, 1ª ed. Berlim: Springer, 2004; Volume 7, p. 167–275. 2004.

HARLEY, M. R. & FRANÇA, F. **Lamiaceae**. In: GIULIETTI, A.M. et al. (eds). **Plantas raras do Brasil**. Belo Horizonte: Conservação Internacional-Universidade Estadual de Feira de Santana, 496 p., 2009.

HARLEY, R. M. & PASTORE, J. F. B. A generic revision and new combinations in the Hyptidinae (Lamiaceae), based on molecular and morphological evidence. **Phytotaxa**, v. 58, p. 1–55, 2012.

HARLEY, R. M. & PASTORE, J. F. B. Updating the checklist of subtribe Hyptidinae (Lamiaceae) from Brazilian Amazonia, with three new taxa and notes on *Hyptis sect. Eriosphaeria*. **Rodriguesia**, v. 72, 2021.

HOU, J. et al. α -Pinene Induces Apoptotic Cell Death via Caspase Activation in Human Ovarian Cancer Cells. **Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research**, v. 25, p. 6631–6638, 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama Goiás. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/panorama>> Acesso em: 27 set 2022.

ICMBio [Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade]. 2018. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção volume II – mamíferos. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol2.pdf. Accessed 18 set 2021

ISMAYINI, L., SRURYA, M. I.; DESTRI, D. In vitro plant regeneration from hypocotyl of Arben (*Rubus fraxinifolius* Poir.). **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 4, p. 474–478, 2017.

ISMAYIN, M. B. Bridging the gap: Moving botanical insecticides from the laboratory to the farm. **Industrial Crops and Products**, v. 110, p. 10-14, 2017.

ISOPRENÓIDE – COMPOSTOS ISOPRENÓIDES. Delphi, 2020. Disponível em: <<https://delphipages.live/pt/saude-e-medicina/anatomia-e-fisiologia/isoprenoid-compounds>> Acesso em: 30 set. 2021.

JENSEN, W. A. **Botanical Histochemistry: Principles and Practice**. San Francisco: W. H. Freeman, 1962.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. 1. ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1940, 523 p.

JONGEDIJK, E. et al. Novel routes towards bioplastics from plants: elucidation of the methylperillate biosynthesis pathway from *Salvia dorisiiana* trichomes. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 10, p. 3052–3065, 2020.

JUDD, W. et al. 2002. **Plant systematics: a phylogenetic approach**. 2ª edição. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 576 p.

KALICHARAN, B. et al. Micromorphological evaluation of the foliar trichomes of field grown and micropropagated *Stachys natalensis* Hochst. (Lamiaceae). **South African Journal of Botany**, v. 119, p. 369-376, 2018.

KARPINSKI, C. Patrimônio natural, documentação e pesquisa. **Transinformação**, v. 30, p. 314-323, 2018.

KARPINSKI, T. M. Essential oils of Lamiaceae family plants as antifungals. **Biomolecules**, v. 10, n. 1, p. 103, 2020.

KAYA, A. & DIRMENCI, T. Nutlet Surface Micromorphology of the Genus *Nepeta* L. (Lamiaceae) in Turkey. **Turkish Journal of Botany**, v. 32, n. 2, 2008.

KHOSHOKHAN, F. et al. Rosmarinic acid production in hairy root cultures of *Salvia nemorosa* L. (Lamiaceae). **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 45, 2022.

KRAUS, J. E. & ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro: Edur, 1997. 198 p.

KUCKA, M. et al. Plant Seed Mucilage - Great Potential for Sticky Matter. **Nutraceuticals**, v. 2, n. 4, p. 253-269, 2022.

LAMEIRA, O. A. et al. **Cultura de tecidos (manual)**. 1ª Ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 41p.

LAURIANO, M. H. & ROMERO, R. Melastomataceae Juss. do Complexo de Serras da Bocaina e de Carrancas, Estado de Minas Gerais, Brasil: inventário e comparação florística. **Hoehnea**, v. 49, p. 542021, 2022.

LI, Y. et al. 1, 8-cineol protect against influenza-virus-induced pneumonia in mice. **Inflammation**, v. 39, n. 4, p. 1582-1593, 2016.

LIMA JUNIOR, J. R. M. L. et al. Uso de plantas medicinais por idosos: riscos e benefícios. In: PESSOA, D. L. R. (Org.). **Farmácia na atenção e assistência à saúde**. Ponta Grossa: Atena, 2020, p. 45-50.

LIMA, M. N. N. et al. Chemical composition and antinociceptive and anti-inflammatory activity of the essential oil of *Hyptis crenata* Pohl ex Benth. from the Brazilian Amazon. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 300, p. 115720, 2023.

LLOYD, G. & MCCOWN, B. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture. **Proceeding of the International Plant Propagation Society**, v. 30, p. 421-427, 1980.

LOPES, R. et al. Adequação das condições de crescimento mínimo para a conservação in vitro de *Vernonia condensata*. **Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 18, n. 1, p. 1-13, 2023.

MAGGIONI, R. A. et al. Produção de óleo essencial de folhas e cascas de *Drimys brasiliensis* Miers (casca-d'anta). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 23, n. 4, 2018.

MAHALAKSHMI, P. S. In silico molecular docking analysis of selected phytoconstituents from *Psydrax dicoccos* (Gaertn.) against Parkinson's disease. **International Journal of Green Pharmacy**, v. 15, n. 3, 2021.

MALECK, M et al. Óleos essenciais – um breve relato. **Revista Teccen**, v. 14, n. 2, p. 43-49, 2021.

MAMBRI, A. P. S et al. Yield and composition of lavender essential oil grown in substrate. **Horticultura Brasileira**, v. 36, p. 259-264, 2018.

MAMMEN, D. & DANIEL, M. Volatile oils and phenolics of *Stemodia serrata* Benth. **International Journal of Chemistry and Pharmaceutical Sciences**, v. 2, n. 5, 2013.

MANJIMA, R. B. et al. Spathulenol attenuates 6-hydroxydopamine induced neurotoxicity in SH-SY5Y neuroblastoma cells. **Gene Reports**, v. 25, 2021.

MANUSHKINA, T. et al. Clonal micropropagation in vitro of essential oil plants of the family Lamiaceae Lindl. **Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science**, v. 26, n. 4, 2022.

MAPA, Ministério da Agricultura e abastecimento. **Glossário ilustrado de morfologia**. 1 ed. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 406 p.

MARQUES, J. P. R.; SOARES, M. K. M. **Manual de Técnicas Aplicadas à Histopatologia Vegetal**. Piracicaba: FEALQ, 2021.

MARQUES, N. C. S. et al. Drivers of change in tropical protected areas: Long-term monitoring of a Brazilian biodiversity hotspot. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 20, n. 2, p. 69-78, 2022.

MARTINELLI, G. et al. **Livro Vermelho da Flora do Brasil: Plantas raras do cerrado**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, CNCFlora, 2014.

MARTINEZ-NATAREN, D. A. et al. Morphology and density of glandular trichomes of *Ocimum campechianum* and *Ruellia nudiflora* in contrasting light environments: A scanning electron microscopy study. **Flora**, v. 248, p. 28-33, 2018.

MARTINS, M. B. G. Estudos de microscopia óptica e de microscopia eletrônica de varredura em folhas de *Mentha spicata* e de *Mentha spicata x suaveolens* (Lamiaceae). **Bragantia**, v. 61, p. 205-218, 2002.

MEDEIROS, J. D. **Guia de campo: vegetação do Cerrado 500 espécies**. Série Biodiversidade 43. Brasília: MMA/SBF, 2011. 532 p.

MEHALAINE, S. & CHENCHOUNI, H. New insights for the production of medicinal plant materials: ex vitro and in vitro propagation of valuable Lamiaceae species from northern Africa. **Current Plant Biology**, v. 27, 2021.

MELO, N. F. et al. Estabelecimento do cultivo in vitro da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.). 1999. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/182700/1/Natoniel.pdf>. Acesso em: 07 Jul 2023.

MENA, C.; SILVA, B.; MEDINA, A. Composición química y actividad biológica de los aceites esenciales de Lamiaceas, Asteraceas, Verbenaceas: una revisión. **Infoanalítica**, v. 8, n. 1, p. 47-68, 2020.

MENDES, C. C. R. et al. Correlação entre os componentes químicos e propriedades terapêuticas dos óleos essenciais na diminuição de sintomas clínicos em cada sistema do corpo humano. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 1, p. 741-760, 2022.

MENDONÇA, H. O. P. et al. Composição química, atividade antimicrobiana e aplicações em alimentos do óleo essencial de *Mentha* sp: Uma revisão narrativa. **Open Science Researche I**, v. 1, n. 1, p. 600-616, 2022.

MENEGHETTI, E. C. et al. Multiplicação in vitro de *Neoregelia johannis* (Carrière) LB Smith em meio líquido sob diferentes concentrações de nutrientes. **Iheringia**, Série Botânica, v. 74, 2019.

MENEZES FILHO, A. C. P. M. et al. Atividade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais, carotenóides e provitamina em extratos vegetais do cerrado goiano. **Uniciências**, v. 22, n. 1, p. 28-32, 2018.

MENEZES FILHO, A. C. P. M. & CASTRO, C. F. S. Classes fitoquímicas de metabólitos secundários em extratos etanólicos foliares de espécies do cerrado brasileiro. **Revista Saúde & Ciência Online**, v. 8, n. 1, p. 45-61, 2019.

- MENEZES FILHO, A. C. P. Análise morfológica foliar de *Anacardium humile* A. St.-Hil.(Anacardiaceae). **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 18, n. 1, p. 480-485, 2020a.
- MENEZES FILHO, A. C. P.; SOUSA, W. C.; CASTRO, C. F. S. Atividades antioxidante e antifúngica dos óleos essenciais de *Cochlospermum regium* frente à *Sclerotinia sclerotiorum* e *Colletotrichum gloeosporioides*. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n. 1, p. 109–116, 2020b.
- MENEZES FILHO, A. C. P.; SOUSA, L. F.; CASTRO, C. F. S. Perfil químico e atividades antioxidante e antifúngica dos óleos essenciais de *Raulinoreitzia crenulata* (Spreng.) RM King & H. Rob. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 119, n. 2, p. 1-12, 2020c.
- MENEZES FILHO, A. C. P. et al. Composição química dos óleos essenciais de *Schinus molle* e atividade antifúngica em *Sclerotinia sclerotiorum*. **Colloquium Agrariae**, v. 16, n.3, p. 115-123, 2020d.
- MICHEL, J.; ABD RANI, N. Z.; HUSAIN, K. A review on the potential use of medicinal plants from Asteraceae and Lamiaceae plant family in cardiovascular diseases. **Frontiers in pharmacology**, v. 11, p. 852, 2020.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. (2020). Monitoramento dos casos de arboviroses até a semana epidemiológica 10 de 2022. Boletim Epidemiológico. https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/boletins-epidemiologicos/edicoes/2022/boletim_epidemiologico_svs_10.pdf
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. O bioma Cerrado. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>. Acesso em: 03 Jul 2023.
- MOHAMED, M. E et al. *Agathis robusta* Bark Essential Oil Effectiveness against COVID-19: Chemical Composition, In Silico and In vitro Approaches. **Plants**, v. 11, p. 1-21, 2022.
- MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, 2009.
- MUNIZ, A. C. et al. Hybrid zone of a tree in a Cerrado/Atlantic Forest ecotone as a hotspot of genetic diversity and conservation. **Ecology and Evolution**, v. 12, n. 1, 2022.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, v. 15, p. 473-479, 1962.
- MUTHUKUMARAN, N. & SELVANARAYANAN, V. Role of trichomes in tomatoes against fruitworm as influenced by nutrient sources and an external elicitor. **International Journal of Entomology Research**, v 1, n. 3, p. 39-42, 2016.
- NAIDOO, Y. et al. Foliar secretory trichomes of *Ocimum obovatum* (Lamiaceae): micromorphological structure and histochemistry. **Plant Systematics and Evolution**, n. 299, p. 873–885, 2013.
- NASSER, A. N. & HOSSAIN M. A. Comparative chemical composition and antimicrobial activity study of essential oils from two imported lemon fruits samples against pathogenic

bacteria. **Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 3, n. 4, 247–253, 2014.

NIETO, G. Biological Activities of Three Essential Oils of the Lamiaceae Family. **Medicines**, v. 4, n. 63, 2017.

NORTH, H. M. et al. Understanding polysaccharide production and properties using seed coat mutants: future perspectives for the exploitation of natural variants. **Annals of Botany**, v. 114, p. 1251-1263, 2014.

NUNES, N. S. P; ANSILAGO, M.; CARVALHO, E. M. O uso da micropropagação para prospecção de espécies endêmicas do cerrado. In: SILVA, C. D. D. & SANTOS, D. B. A (Org.). **A estruturação e reconhecimento das ciências biológicas na contemporaneidade**. Ponta Grossa: Atena, 2021a.

NUNES, C. R. et al. Composição química e atividade antifúngica do óleo essencial de *Thymus Vulgaris* sobre *Aspergillus Niger*, *Penicillium Expansum*, *Sclerotinia Sclerotiorum* e *Sclerotium Rolfsii*. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 14250-14260, 2021b.

OLIVEIRA, F. I. C. **Cultura de tecidos e cruzamentos interespecíficos visando obtenção de haploides em meloeiro**. 2019. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

OLIVEIRA, L. M.; et al. Propagação vegetativa de *Hyptis leucocephala* Mart. ex Benth. e *Hyptis platanifolia* Mart. ex Benth. (Lamiaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 1, p. 73-78, 2011.

ONU, United Nations Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030). 2019. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/130341-comeca-decada-da-onu-da-restauracao-de-ecossistemas>> Acesso em: 27 set 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (2022, maio). *Yellow fever, the returning epidemic*. Disponível em: <<https://www.paho.org/en/stories/yellow-fever-returning-epidemic>>. Acesso em: 21 julho 2023.

PAPAFOTIOU, M.; VIACHOU, G. & MARTINI, A. N. Investigation of the Effects of the Explant Type and Different Plant Growth Regulators on Micropropagation of Five Mediterranean *Salvia* spp. Native to Greece. **Horticulturae**, v. 9, n. 1, 2023.

PARE, P. W. & TUMLINSON, J. H. De Novo Biosynthesis of Volatiles Induced by Insect Herbivory in Cotton Plants. **Plant Physiology**, v. 114, p. 7, 1997.

PASSINHO-SOARES, H. C. et al. Influence of growth regulators on distribution of trichomes and the production of volatiles in micropropagated plants of *Plectranthus ornatus*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 27, p. 679-680, 2017.

PASSOS, C. S. et al. Terpenóides com atividade sobre o Sistema Nervoso Central (SNC). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 140-149, 2009.

PAULA, D. & SANTOS, J. R. Avaliação do uso de plantas medicinais em instituições sociais no município de Guarapuava-PR. In: PESSOA, D. L. R. (Org.). **Farmácia na atenção e assistência à saúde**. Ponta Grossa: Atena, 2020, p. 111-123.

PEDROSO, R. C. N. et al. Impacto da qualidade da luz na produção de flavonóides e no crescimento de mudas de *Hyptis marruboides* cultivadas in vitro. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 27, p. 466-470, 2017.

PENIDO, R. B. S. & ANDRADE, L. G. Plantas medicinais no tratamento da ansiedade. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 5, p. 327-337, 2023.

PEREZ-OROZCO, J. P.; SÁNCHEZ-HERRERA, L. M.; ORTIZ-BASURTO, R. I. Effect of concentration, temperature, pH, co-solutes on the rheological properties of *Hyptis suaveolens* L. mucilage dispersions. **Food Hydrocolloids**, v. 87, p. 297-306, 2019.

PONTE, H. A. S. **Linalol modula a resistência de dermatófitos à fármacos azólicos**. Cuité: UFCG/Centro de educação e saúde, 2018. 40 p. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/6784/3/HELLEN%20APARECIDA%20SILVA%20PONTE%20-%20TCC%20BACHARELADO%20EM%20ENFERMAGEM%20CES%202018.pdf>> . Acesso em: 21 jul. 2022.

PRADO, J. C. S. & PRADO, G. M. Uma caracterização fitoquímica do potencial antimicrobiano de *Hyptis Leucocephala* Mart. ex Benth. (Lamiaceae): uma revisão integrativa. **Revista Fitos**, v. 16, n. 3, 2022.

PRAZNIK, W. et al. Molecular dimensions and structural features of neutral polysaccharides from the seed mucilage of *Hyptis suaveolens* L. **Food chemistry**, v. 221, p. 1997-2004, 2017.

PROJETO MAPBIOMAS ALERTA – **Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/noticias#:~:text=Os%20mapas%20e%20dados%20atualizados%20do%20MapBiomass%20mostram%20que%20o,Brasil%20entre%202018%20e%202019>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

PROJETO MAPBIOMAS ALERTA – **RAD: Relatório anual do desmatamento do Brasil 2020**. 3 ed. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/alerta.mapbiomas.org/rad2021/RAD2021_Completo_FINAL_Rev1.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2023.

PUENTES, J. P.; ARENAS, P. M.; HURRELL, J. A. Lamiaceae medicinales y aromáticas comercializadas en el área metropolitana de Buenos Aires, Argentina. **Bonplandia**, v. 29, n. 1, p. 5-20, 2020.

QUEVEDO, C. A. M. et al. Algunos aspectos biológicos del falso cordón de fraile *Hyptis capitata* Jacq en el Departamento del Meta. **Revista Sistemas de Producción Agroecológicos**, v. 4, n. 2, p. 24-45, 2013.

QUISEN, R. C. & ANGELO, P. C. S. **Manual de procedimentos do Laboratório de Cultura de Tecidos**. EMBRAPA Amazônia Ocidental - Documentos (INFOTECA-E), 2008.

RADOMIR, A. M. et al. In vitro multiplication of *Mentha piperita* L. and comparative evaluation of some biochemical compounds in plants regenerated by micropropagation and conventional method. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 21, n. 4, p. 45–52, 2022.

RAJU, K. S. & SABITHA, G. First stereoselective total synthesis of brevipolide M. **Organic & Biomolecular Chemistry**, v. 15, p. 6393–6400, 2017.

RAMOS, R. S. et al. Chemical composition and in vitro antioxidant, cytotoxic, antimicrobial, and larvicidal activities of the essential oil of *Mentha piperita* L. (Lamiaceae). **The Scientific World Journal**, v. 17, p. 1-8, 2017.

RAULT, J. S. & KARUPPAYIL, S. M. A Status Review on the Medicinal Properties of Essential Oils. **Industrial Crops and Products**, v. 62, n. 250, 2014.

RAZAZAN, A. et al. Activation of microbiota sensing–free fatty acid receptor 2 signaling ameliorates amyloid- β induced neurotoxicity by modulating proteolysis-senescence axis. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v. 13, p. 735933, 2021.

REBELO, M. M. et al. Antioxidant capacity and biological activity of essential oil and methanol extract of *Hyptis crenata* Pohl ex Benth. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 230-235, 2009.

REFLORA – Flora e funga do Brasil. Disponível em: <http://servicos.jbrj.gov.br/flora/search/Hyptis_pycnocephala>. Acesso em: 21 julho 2023

RIBEIRO, J. F. & WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P.; Ribeiro, J. F. (Ed.). Cerrado: ecologia e flora v. 2. Brasília: EMBRAPA-CERRADOS, 2008. 876 p.

RIBEIRO, S. M.; BONILLA, O. H.; LUCENA, E. M. P. Influência da sazonalidade e do ciclo circadiano no rendimento e composição química dos óleos essenciais de *Croton* spp. da Caatinga. **Iheringia, Série Botânica**, v. 73, n. 1, p. 31-38, 2018.

RIBEIRO, L. S. et al. O título de Patrimônio Natural da Humanidade e a conservação da biodiversidade: o caso do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 56, 2021.

ROCHA, J. G.; PEIXOTO, J. C., SANTOS, T. L. Bioprospecção no cerrado: fitoquímica foliar de *Justicia Nodicaulis* (Nees) Leonard (Acanthaceae) ocorrente em cerrado goiano. **Revista de Divulgação Científica Sena Aires**, v. 8, n. 2, p. 198-205, 2019.

- RODRIGUES, L. L. et al. Cará Moela (*Dioscorea bulbifera*): estudo físico-químico e avaliação fitoquímica. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 89233-89241, 2020.
- RODRIGUES, A. C. C.; SAMPAIO, A. J. S.; MORAIS, E. Germinação in vitro e aclimatização de *Butiacapitata* (Mart.) Becc. **Revista Scientia**, v. 8, n. 1, p. 98-111, 2023.
- ROSAL, L. F. et al. Produção vegetal e óleo essencial de boldo pequeno em função de fontes de adubos orgânicos. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p. 670-678, 2011.
- RUDALL, P. Leaf anatomy of the subtribe *Hyptidinae* (Labiatae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 80, n. 4, p. 319 – 340, 2008.
- SÁ, A. L. F.; PAZ, J. C.; BARROSO, K. S. N. O uso dos óleos essenciais na cicatrização de feridas. **Saúde Coletiva**, v. 10, n. 52, p. 2064-2071, 2020.
- SALDANHA, C. W. et al. A low-cost alternative membrane system that promotes growth in nodal cultures of Brazilian ginseng [*Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen]. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 110, n. 3, p. 413-422, 2012.
- SALGADO-CRUZ, M. P.; CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G.; CHANONA-PÉREZ, J. J.; FARRERA-REBOLLO, R. R.; MÉNDEZ-MÉNDEZ, J. V.; DÍAZ-RAMÍREZ, M. Chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage release characterisation. A microstructural and image analysis study. **Industrial Crops and Products**, v. 51, p. 453-462, 2013.
- SAMPAIO, L. A. G.; COSTA, L. C. B.; BARBOSA, R. M. Homeopatia sobre germinação de *Ocimum gratissimum*. **Revista Brasileira Plantas Medicinai/Brazilian Journal Medicine Plants**, v. 21, p. 178-183, 2019.
- SANTOS, K. P. et al. Biological activity of *Hyptis* Jacq. (Lamiaceae) is determined by the environment. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 705-715, 2018a.
- SANTOS, S. F. et al. Aspectos do cultivo in vitro de *Libidibia ferrea* (Mart. Ex Tul.) LP QUEIROZ (Leguminosae-Caesalpinioideae) como fonte alternativa para produção de metabolitos secundários. **Revista Espacios**, v. 39, nº 37, p. 17, 2018b.
- SANTOS, M. R.G. & REZENDE, M. A. Prescrição de fitoterápicos na atenção primária de saúde no Brasil e a contribuição do memento fitoterápico aos profissionais prescritores. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro; v. 13, n. 4, p. 299-313, 2019.
- SANTOS, M. A. S. et al. Aplicações da cultura de tecidos vegetais em plantas medicinais da Amazônia: Uma revisão. In: BALDOINO, M. & SA DALA, K. **Ciências Ambientais na Amazônia**. 1. ed. Manaus: Editora Amazônia Et. Al., cap. 6, p. 77-97, 2021a.
- SANTOS, R. S.; SILVA, S. S.; VASCONCELOS, T. C. L. Aplicação de plantas medicinais no tratamento da ansiedade: uma revisão da literatura. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 5, p. 52060-52074, 2021b.
- SARROPOULOU, V. & MALOUPA, E. In vitro propagation of *Satureja thymbra* L. (Lamiaceae): A valuable aromatic/medicinal native plant of the Mediterranean region. **GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**, v. 9, n. 2, p. 9–20, 2019.

SARROPOULOU, V., MALOUPA, E. & GRIGORIADOU, K. In vitro direct organogenesis of the *Cretan dittany* (*Origanum dictamnus* L.), an important threatened Greek endemic species. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 50, n. 2, 2022.

SAYOUT, A. et al. Antibacterial activity and chemical composition of essential oil from *Lavandula tenuisecta* Coss. ex Ball. an endemic species from Morocco. **European Journal of Integrative Medicine**, v. 33, p. 101017, 2020.

SCAVRONI, J.; FERRARI, T. B.; CORAZZA, L. C. Q. Principais Terpenos do Milho: Biossíntese e Funções. In: **Atualidades na Cultura do Milho/ RODRIGUES, J. G. L. & FUJIHARA, R. T. (org).** 1. ed. Avaré, SP: Faculdade Eduvale de Avaré, 2013. p. 69-78.

SCHINDLER, B.; SILVA, D. T.; HEINZMANN, B. M. Efeito da sazonalidade sobre o rendimento do óleo essencial de *Piper gaudichaudianum* Kunth. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 263-273, 2018.

SEDANO-PARTIDA, M. D. et al. A review of the phytochemical profiling and biological activities of *Hyptis* Jacq.: a Brazilian native genus of Lamiaceae. **Brazilian Journal of Botany**, v. 43, p. 213-228, 2020.

SHAHIDI, F. Antinutrients and Phytochemicals in Food. **ACS Symposium Series**; American Chemical Society: Washington, DC, 1997.

SHAO, X et al. The possible mechanism of antifungal action of tea tree oil on *Botrytis cinerea*. **Journal Applied Microbiology**, v. 114, n. 6, 2013.

SHENDE, S. M. et al. In-Vitro: Micropropagation of Mint And Investigate The Antibacterial Activity Of Mint Extract. **European Chemical Bulletin**, v. 12 (Special Issue 5), p. 780 – 784, 2023.

SILVA-CASTELLANO, A. P. S. et al. Protocolo de propagação por semente de *Clinopodium mexicanum*, uma planta medicinal nativa de México. **Agrociencia**, v. 55, n. 5, p. 433-450, 2021.

SILVA, L. A. C. et al. Sementes da gramínea nativa *Mesosetum chaseae* Luces na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS: Dormência ou Quiescência? **Veterinária e Zootecnia**, v. 18, n. 4, p. 632-639, 2011.

SILVA, D. M. et al. Efeito das auxinas ácido naftaleno acético e ácido indol butírico no desenvolvimento in vitro de plântulas de *Cyrtopodium saintlegerianum* Rchb. F. (Orchidaceae). **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v. 9, n. 16, p. 2013.

SILVA, S. C. M.; TOZIN, L. R. S., RODRIGUES, T. M. Morphological and histochemical characterization of secretory sites of bioactive compounds in *Lantana camara* L. (Verbenaceae) leaves. **Botany**, v. 94, n. 4, p. 321-336, 2016.

SILVA, B. S. et al. A relação entre a fitoterapia e o envelhecimento saudável: uma mini revisão de literatura. **Revista Educação em Saúde**, v. 8, n. 1, p. 1-7, 2020a.

SILVA, I. G. R. et al. Avaliação sazonal do rendimento e composição química do óleo essencial das folhas de *Aniba parviflora* (Meisn) Mez. (Lauraceae). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 41334-41345, 2020b.

SILVA, M. F. et al. Variações de coleta e temperatura de secagem no óleo essencial de inflorescências de *Hyptis marrubioides*. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, 2021a.

SILVA, L. R. R. et al. Lamiaceae Essential Oils, Phytochemical Profile, Antioxidant, and Biological Activities. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine: eCAM**, v. 2021, 2021b.

SILVA, S. et al. Potencial antineoplásico do ácido carnósico encontrado na espécie *Rosmarinus officinalis* L., Lamiaceae (alecrim): uma revisão de literatura. **Infarma Ciências farmacêuticas**, v. 34, n. 1, p. 6-12, 2022a.

SILVA, L. M., LACERDA, I. J. M.; SWIECH, J. N. D. O mecanismo de ação da *Cannabis sativa* L. enquanto indutora do sono e suas consequências neuropsicológicas-uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, 2022b.

SILVA, L. I. & MAGALHAES, H., M. Growth regulators alter the development and metabolism of lemon balmseedlings cultured in vitro. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 2, p. 372–380, 2023.

SIMPLICIO, V. S. et al. Tricomas: Defesa ou vulnerabilidade para a planta na interação com microrganismos? **RAPP: Revisão anual de patologia de plantas**, v. 28, p. 184-199, 2022.

SIQUEIRA, M. F. F. et al. **Extração e composição do óleo essencial de casca de citrus de diferentes estádios de maturação**. Simpósio de Segurança Alimentar, 7º edição. 2020, online.

SMAOUI, S. et al. Bio-preservative effect of the essential oil of the endemic *Mentha piperita* used alone and in combination with BacTN635 in stored minced beef meat. **Meat science**, v. 117, p. 196-204, 2016.

SOARES, M. G. S. et al. O uso de canabinoides em fisiopatologias dermatológicas: uma revisão sistemática. **Research, society and development**, v. 11, n. 2, 2022.

SOUSA, D. M. G. & LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 2004.

SOUZA, C. D. & FELFILI, J. M. Uso de plantas medicinais na região de Alto Paraíso de Goiás, GO. **Brasil Acta Botanica Brasilica**, v. 20, n. 1, 2006.

SOUZA, A.V. & PEREIRA, A. M. S. Enraizamento de plantas cultivadas in vitro. **Revista Brasileira de Planta Medicinal**, v. 9, n. 4, p. 103-117, 2007.

SOUZA, A. S. et al. **Preservação de germoplasma vegetal, com ênfase na conservação in vitro de variedades de mandioca**. Cruz das almas: EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, 2009, 24 p.

- SOUZA, J. C.; RESCAROLLI, C. L. S.; NUNEZ, C. V. Produção de metabólitos secundários por meio da cultura de tecidos vegetais. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, 2018.
- SOUZA, L. R. et al. R-(+)-Limoneno e seu derivado (-)-Carveol: Uma revisão de seus efeitos sobre o diabetes. **Somma: Revista Científica do Instituto Federal do Piauí**, v. 9, n. 1, p. 1–21, 2023a.
- SOUZA, J. M. S. et al. Cytotoxic and antileishmanial effects of the monoterpene β -ocimene. **Pharmaceuticals**, v. 16, n. 2, p. 183, 2023b.
- STEVENS, P. F. Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, 2022. Disponível em <<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>> Acesso 14, Julho, 2023.
- SUDRIA, C. et al. Influence of plant growth regulators on the growth and essential oil content of cultured *Lavandula dentata* plantlets. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 58, p. 177-184, 1999.
- TAFURT-GARCIA, G. et al. Componentes voláteis de *Eriope crassipes*, *Hyptis conferta*, *H. dilatata*, *H. brachiata*, *H. suaveolens* y *H. mutabilis* (Lamiaceae). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y aromáticas**, v. 13, n. 3, p. 254-269, 2014.
- TAFURT-GARCIA, G., JIMENEZ-VIDAL, L. F., CALVO-SALAMANCA, A. M. Antioxidant capacity and total phenol content of *Hyptis* spp., *P. heptaphyllum*, *T. panamensis*, *T. rhoifolia* and *Ocotea* sp. **Revista Colombiana de Química**, v. 44, n. 2, 2015.
- TAIZ, L. et al. **Fisiologia e Desenvolvimento vegetais**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 918p. 2017.
- TAMBELI, C. H. et al. Abordagem integrativa do uso terapêutico da cannabis nas dores orofaciais. **Brazilian Journal of Pain**, v. 6, n. 1, p. 49-53, 2023.
- TEIXEIRA, M. Z. Homeopatia: ciência, filosofia e arte de curar. **Revista De Medicina**, v. 85, n. 2, p. 30-43, 2006.
- TESKE, M. & TRENTINI, A.M.M. **Herbarium compêndio de fitoterapia**. 4º ed. Curitiba: Herbarium Laboratório Botânico Ltda, 2001.
- TEUSCHER, E. Atherisches ole. IN: TEUSCHER, E. **Pharmazeutische biologie, reihe wissenschaft**. Braunschweig: Vieweg, p. 284-323, 1979.
- TOLEDO, J. A. & BIASI, L. A. Multiplicação e enraizamento da Amoreira preta Cv. Xavante. **Cultura Agrônômica**, v. 27, p. 328-339, 2018.
- TOZIN, L. R. S.; MARQUES, M. O. M.; RODRIGUES, T. M. Glandular trichome density and essential oil composition in leaves and inflorescences of *Lippia origanoides* Kunth

(Verbenaceae) in the Brazilian Cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n.2, p. 943-953, 2015.

TOZIN, L. R. S. et al. Non-glandular trichomes in Lamiaceae and Verbenaceae species: morphological and histochemical features indicate more than physical protection. **New Zealand Journal of Botany**, v. 54, n. 4, p. 446-457, 2016.

TOZIN, L. R. S. & RODRIGUES, T. M. Morphology and histochemistry of glandular trichomes in *Hyptis villosa* Pohl ex Benth. (Lamiaceae) and differential labeling of cytoskeletal elements. **Acta Botanica Brasilica**, v. 31, n.3, p. 330-343, 2017.

TOZIN, L. R. S. **Morfologia, funcionamento e influência de fatores exógenos no sistema secretor de óleo em espécies vegetais com ênfase no papel do citoesqueleto no processo de secreção**. 2018. 135 f. Tese (Doutorado em Biologia: Botânica) – Instituto de Biociencias de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2018.

TRINDADE, E. L. et al. Lamiaceae-levantamento de dados das plantas medicinais recorrentes no estado de Mato Grosso presentes no herbário UFMT campus de Cuiabá-MT. **Biodiversidade**, v. 15, n. 2, 2016.

UENO, H. et al. Attenuation Effects of Alpha-Pinene Inhalation on Mice with Dizocilpine-Induced Psychiatric-Like Behaviour. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2019, p. 1-12, 2019.

VALBONA, S. O. T. A. et al. Establishment of an in vitro method for micropropagation of ironwort (*Sideritis raeseri* Boiss. & Heldr.). **Acta agriculturae Slovenica**, v. 119, n. 2, p. 1–10, 2023.

VASCONCELOS, A. G. V. et al. Hiperidricidade: uma desordem metabólica. **Ciência Rural**, v. 42, p. 837-844, 2012.

VASCONCELOS, S. C. et al. Composição química, atividade bactericida e antioxidante dos óleos essenciais das folhas de *Ocimum basilicum* e *Ocimum gratissimum* (Lamiaceae). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, 2021.

VAZQUEZ, M. J. B., CHINCHILLA, F. G., MOLINA, A. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Psidium guajava* and *Cymbopogon citratus* **Agronomía Mesoamericana**, v. 30, n. 1, p.147-163, 2019.

VELASQUEZ, D. A. R. & BUSTAMANTE, L. R. **Revisión sistemática: actividad antifúngica de los aceites esenciales sobre fitopatógenos**. 2020. 126 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2020.

VERDE, G. V. & SAFADI, S. O. Natureza e nuances cartesianas na busca por um conceito de cerrado: notas preliminares. **Caminhos da Geografia**, p. 62–75, 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.14393/RCG0058467>

VIANI, R. A. G. et al. CERRADO: Avanços e desafios à restauração da savana mais biodiversa do mundo. **Guia Universitário de Informações Ambientais**, v. 3, n. 1, p. 34–

36, 2022. Disponível em: <https://www.revistaguia.ufscar.br/index.php/guia/article/view/72>. Acesso em: 27 set. 2022.

VIEIRA, M. L. C.; APPEZZATO-DA-GLORIA, B. Fundamentos e aplicações da cultura de tecidos no melhoramento. In.: NASS, L. L et al. (Ed.) **Recursos genéticos e melhoramento - Planta**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 911-938.

VILANOVA, C. M.; MOURA, E. G.; MORAES, D. F. C. Composição química de *Ocimum gratissimum* L.: uma revisão de literatura. **Scientia Amazonia**, v. 7, n.2, p. 10-26, 2018.

VIUDES, S.; BURLAT, V.; DUNAND, C. Seed mucilage evolution: Diverse molecular mechanisms generate versatile ecological functions for particular environments. **Plant, Cell & Environment**, v. 43, p. 2857-2870, 2020.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C. R.; WEBER, G. E. B. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. **Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E)**, 2010.

WANG, Z. et al. β -Bourbonene attenuates proliferation and induces apoptosis of prostate cancer cells. **Oncology letters**, v. 16, n. 4, p. 4519-4525, 2018.

WANG, X. et al. Analysis and review of trichomes in plants. **BMC plant biology**, v. 21, n. 1, p. 1-11, 2021.

WERKER, E.; PUTIEVSKY, E.; RAVID, U. The essential oils and glandular hairs in different chemo-types of *Organum vulgare* L. **Annals of Botany**, v. 55, p. 793-801, 1985a.

WERKER, E.; RAVID, U.; PUTIEVSKY, E. Structure of glandular hairs and identification of the components of their secreted material in some species of the Labiatae. **Israel Journal of Botany**, v. 34, n. 1, p. 31-45, 1985b.

WERKER, E. Trichome Diversity and Development. **Advances in Botanical Research**, v. 31, p. 1-35, 2000.

WESTERN, T. L. The sticky tale of seed coat mucilages: production, genetics, and role in seed germination and dispersal. **Seed Science Research**, v. 22, n. 1, p. 1-25, 2012.

YANG, X. et al. More than just a coating: ecological importance, taxonomic occurrence and phylogenetic relationships of seed coat mucilage. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 14, p. 434-442, 2012a.

YANG, X. et al. Seed Mucilage Improves Seedling Emergence of a Sand Desert Shrub. **PLoS ONE**, v. 7, n. 4, 2012b.

ZAHID, A. et al. *Lavandula stoechas* linn: Scrutiny of phytoconstituents, ethno medicinal and pharmacological ramification action. **International Journal of Natural Medicine and Health Sciences**, v. 1, n. 1, p. 14-19, 2021.

ZAMYAD, M. et al. The anticonvulsant effects of *Ducrosia anethifolia* (Boiss) essential oil are produced by its main component alpha-pinene in rats. **Arquivos Neuro-psiquiatria**, v. 77, n. 2, p. 106-114, 2019.

ZHANG, B.; et al. Protective effect of alpha-pinene against isoproterenol-induced myocardial infarction through NF- κ B signaling pathway. **Human & Experimental Toxicology**, v. 39, n. 12, p.1596–1606, 2020.

ZHAO, F. et al. An updated tribal classification of Lamiaceae based on plastome phylogenomics. **BMC biology**, v. 19, n. 1, p. 1-27, 2021.

ZHOU, D.; BARNEY, J. N.; WELBAUM, G. E. Production, composition, and ecological function of sweet-basil-seed mucilage during hydration. **Horticulturae**, v. 8, n. 4, p. 327, 2022.

ZONG-YOU LV et al. Phytohormones jasmonic acid, salicylic acid, gibberellins, and abscisic acid are key mediators of plant secondary metabolites. **World Journal of Traditional Chinese Medicine**, v. 7, n. 3, p. 307-325, 2021.

ZUZARTE, M. R. et al. Trichomes, essential oils and in vitro propagation of *Lavandula pedunculata* (Lamiaceae). **Industrial Crops and Products**, v. 32, n. 3, p. 580-587, 2010.