



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**SAZONALIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO
ESSENCIAL DE ACESSOS DE *Croton grewioides* Baill.**

LAURA CATHARINE DÓRIA PRATA LIMA

2025



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

LAURA CATHARINE DÓRIA PRATA LIMA

**SAZONALIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE
ACESSOS DE *Croton grewioides* Baill.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador
Prof. Dr. Arie Fitzgerald Blank

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2025

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

L732s Lima, Laura Catharine Dória Prata.
Sazonalidade e composição química do óleo essencial de
acessos de *Croton grewoides* Baill. / Laura Catharine Dória Prata
Lima; orientador Arie Fitzgerald Blank. – São Cristóvão, SE, 2025.
42 f.: il.

Dissertação (mestrado em Agricultura e Biodiversidade) –
Universidade Federal de Sergipe, 2025.

1. Agrobiodiversidade. 2. Essências e óleos essenciais. 3.
Germoplasma vegetal - Recursos. 4. Euforbiácea. 5. Metabolismo. 6.
Compostos bioativos das plantas. 7. Antioxidante. 8. Agentes
antiinflamatórios. 9. Agentes antiinfeciosos. I. Blank, Arie Fitzgerald,
orient. II. Título.

CDU 633.912

LAURA CATHARINE DÓRIA PRATA LIMA

**SAZONALIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL DE
ACESSOS DE *Croton grewioides* Baill.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 17 de fevereiro de 2025.

Dra. Itamara Bomfim Gois (UFS/PPGAGRI)

Prof. Dr. José Eduardo Brasil Pereira Pinto (UFLA)

Prof. Dr. Arie Fitzgerald Blank
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

*A todos que me acompanharam e me
apoiaram nesta jornada,
Dedico*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por Sua onipresença, especialmente nos meus momentos de fraqueza, e por me dar forças para enfrentar todos os obstáculos da vida.

À minha família, pelo amor, incentivo e compreensão, mesmo quando minha ausência se fez necessária. Seu apoio incondicional foi essencial para que eu pudesse concluir esta etapa.

Aos meus orientadores, Dr. Arie Fitzgerald Blank e Dra. Itamara Bomfim Gois, pela paciência, dedicação e incentivo. Levarei seus ensinamentos por toda a vida.

Ao Dr. José Eduardo Brasil Pereira Pinto, por aceitar participar da minha banca e por suas valiosas contribuições, que agregaram ainda mais conhecimento a este trabalho.

Ao meu noivo, Airton Marque, e aos meus amigos, Lucas Henrique e Rafael Fernando, que caminharam comigo nesta trajetória, pelo apoio constante e pelas comemorações em cada etapa concluída.

À Dra. Crislaine Alves, por sua amizade, por seus ensinamentos e por me mostrar que a fé é um pilar importante nesta caminhada.

Aos meus colegas e amigos do GPMACO, pelo apoio, ensinamentos e pelos momentos de descontração que me fizeram rir quando mais precisava, ajudando-me a manter a sanidade ao longo do mestrado.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento e apoio à pesquisa, ao Programa de Pós-graduação em Agricultura e Biodiversidade (PPGAGRI) e à Universidade Federal de Sergipe pela oportunidade de realizar este trabalho.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para que esta dissertação se tornasse realidade, meu mais sincero obrigado!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Botânica e Usos de <i>Croton grewioides</i>	2
2.1.2. Composição química do óleo essencial de <i>Croton grewioides</i> Baill.	3
2.2. Importância do metabolismo secundário	4
2.3. Óleos essenciais	6
2.4. Fatores que podem influenciar na composição dos óleos essenciais	7
2.4.1. Efeito da sazonalidade na produção e composição química dos óleos essenciais pelas plantas	7
2.4.2 Efeito da idade das plantas na produção e composição química de óleos essenciais	9
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
4. ARTIGO 1: SAZONALIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE ACESSOS DE <i>Croton grewioides</i> Baill.....	17
Resumo.....	17
4.1. Introdução	17
4.2. Material e Métodos	18
4.2.1. Material vegetal	18
4.2.2. Obtenção do óleo essencial	18
4.2.3. Composição química dos óleos essenciais	19
4.2.4. Análise estatística	19
4.3. Resultados	20
4.4. Discussão	22
4.5. Conclusões	24
4.6. Referências Bibliográficas	24
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
ANEXOS	28

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura		Página
1	Acesso (A), folhas, frutos (B) e inflorescência (C) de <i>Croton grewioides</i> Baill. presente no Banco Ativo de Germoplasma de plantas medicinais e aromáticas da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, 2025.....	2
2	Principais rotas de biossíntese das três classes de metabólitos secundários.....	5

ARTIGO 1

Figura		Página
1	Dendrogramas bidimensionais da análise de dissimilariade Euclidiana de 12 acessos de <i>Croton grewioides</i> , obtidos pelo método Ward, com relação à composição química nas épocas chuvosa (A) e seca (B). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, 2025	20
2	Histogramas representando os grupos químicos do óleo essencial de <i>Croton grewioides</i> Baill. nas épocas chuvosa (A) e seca (B). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, 2025.	21
3	Análise de componentes principais (ACP) para a composição química dos óleos essenciais de 12 acessos de <i>Croton grewioides</i> Baill. nas épocas chuvosa(A) e seca (B). [metil chavicol (M. chav.); δ -elemeno (δ -elem.); eugenol (Eug.); metil eugenol (M. eug.); E-cariofileno (E-car.); biciclogermacreno (B. germ.); espatulenol (Espa.); xantoxilina (Xant.) e metil farnesoato (M. farn.)]. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, 2025	22
4	Teor do óleo essencial de acessos de <i>Croton grewioides</i> Baill. nas épocas chuvosa (cinza) e seca (preto). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, 2025.	22

LISTA DE TABELAS**ARTIGO 1****Tabela****Página**

1	Código, origem e informações geográficas dos 12 acessos da coleção de <i>Croton grewoides</i> Baill. do Banco Ativo de Germoplasma de Plantas Medicinais e Aromáticas, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, 2025.....	19
---	---	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANAVA	Análise de variância
C	Carbono
CG	Cromatografia gasosa
CGR	<i>Croton grewoides</i> Baill.
CoA	Coenzima A
DMAPP	Dimetilalil difosfato
EM	Espectrômetro de massas
FPP	Farnesil difosfato
GPP	Geranil difosfato
IPP	Isopentenil difosfato
m	metros
MEP	Metileritritol fosfato
mg	miligrama
mL	mililitro
μL	microlitro
μm	micrometro
mm	milímetro
PAL	Fenilalanina amônia- liase
ACP	Análise de Componentes Principais
UFS	Universidade Federal de Sergipe

RESUMO

Lima, Laura Catharine Dória Prata. **Sazonalidade e composição química do óleo essencial de acessos de *Croton grewioides* Baill.** São Cristóvão: UFS, 2025. 42p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade).

Croton grewioides Baill., popularmente conhecida como “canelinha” ou “alecrim-de-caboclo”, é uma planta nativa da Caatinga brasileira amplamente reconhecida por suas propriedades bioativas, como as atividades antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória, associadas aos seus óleos essenciais. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da sazonalidade na composição química e no teor dos óleos essenciais de 12 acessos de *C. grewioides* presentes no BAG de plantas medicinais e aromáticas localizado na Fazenda Experimental “Campus Rural” da Universidade Federal de Sergipe. Foram coletadas folhas durante as estações chuvosa e seca durante dois anos consecutivos, 2021 e 2022, e o óleo essencial foi extraído por hidrodestilação utilizando um aparelho Clevenger. A análise química foi conduzida por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), com identificação dos compostos realizada por comparação dos espectros de massa e do índice de retenção com diferentes bancos de dados. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) em esquema de parcelas subsubdivididas no tempo, análise de componentes principais (ACP) e distância Euclidiana para identificar as variações nos perfis químicos. Os resultados revelaram a presença de 9 compostos (>1%), sendo 55,56% sesquiterpenos e 44,44% fenilpropanóides. Entre os compostos majoritários, destacaram-se eugenol, metil eugenol e metil chavicol, que apresentaram variações expressivas em função das condições sazonais e dos acessos avaliados. Os sesquiterpenos espatulenol e biciclogermacreno foram encontrados em todos os acessos, independentemente da estação, com percentuais médios variando de 1,35 a 2,18% e 2,63 a 5,67% na época chuvosa, respectivamente, e de 1,04 a 2,00% e 1,69 a 4,69% na época seca, respectivamente. As análises de PCA explicaram entre 59,91% e 68,88% da variância dos dados e os dendogramas baseados na distância Euclidiana dividiram os acessos em 2 a 4 grupos químicos por época. Os resultados deste estudo reforçam o potencial da espécie *C. grewioides* como fonte de compostos bioativos com aplicações farmacêuticas, cosméticas e agrícolas. No entanto, a interação entre acessos e estações evidencia a complexidade das respostas metabólicas de *C. grewioides* às mudanças ambientais e destacam a necessidade de estudos contínuos para otimizar o manejo e o uso dessa espécie. A caracterização química fornece subsídios importantes para a valorização de *C. grewioides* como recurso genético estratégico, especialmente no contexto da biodiversidade da caatinga.

Palavras-chave: Euphorbiaceae, recursos genéticos, germoplasma, eugenol, metabolismo secundário.

* Comitê Orientador: Prof. Dr. Arie Fitzgerald Blank – UFS (Orientador), Profa. Dra. Itamara Bomfim Gois (Co-orientadora) – UFS.

ABSTRACT

LIMA, Laura Catharine Dória Prata. **Seasonality and chemical composition of the essential oil from *Croton grewioides* Baill. accessions.** São Cristóvão: UFS, 2025. 42p. (Master of Science in Agriculture and Biodiversity).*

Croton grewioides Baill., commonly known as "canelinha" or "alecrim-de-caboclo", is a native plant of the Brazilian Caatinga, widely recognized for its bioactive properties, such as antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory activities, associated with its essential oils. This study aimed to evaluate the influence of seasonality on the chemical composition and essential oil content of 12 *C. grewioides* accessions from the germplasm bank of medicinal and aromatic plants from the Experimental Farm of the Federal University of Sergipe. Leaves were collected during the dry and rainy seasons in 2021 and 2022, and the essential oil was extracted by hydrodistillation using a Clevenger apparatus. Chemical analysis was conducted using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), with compound identification performed by comparing mass spectra and retention indices with different databases. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) in a split-split plot design over time, principal component analysis (PCA), and Euclidean distance clustering to identify significant variations in chemical profiles. The results revealed the presence of nine major compounds, with 55.56% being sesquiterpenes and 44.44% phenylpropanoids. Among the predominant compounds, eugenol, methyl eugenol, and methyl chavicol stood out, showing significant variations due to seasonal conditions and the accessions evaluated. The sesquiterpenes spathulenol and bicyclogermacrene were found in all accessions, regardless of the season, with average percentages ranging respectively from 1.35% to 2.18% and 2.63% to 5.67% in the rainy season, and from 1.04% to 2.00% and 1.69% to 4.69% in the dry season. The interaction between accessions and seasons highlighted the complexity of *C. grewioides*' metabolic responses to environmental changes. PCA analyses explained between 59.91% and 68.88% of the data variance, and Euclidean distance-based dendrograms grouped the accessions into two to four chemical clusters per season. The results of this study reinforce the potential of *C. grewioides* as a source of bioactive compounds with pharmaceutical, cosmetic, and agricultural applications. However, seasonal variations in chemical composition underscore the need for continuous studies to optimize the management and use of this species. The detailed chemical characterization provides important insights for valuing *C. grewioides* as a strategic genetic resource, particularly within the context of Caatinga biodiversity.

Key-words: Euphorbiaceae, genetic resources, germplasm, eugenol, secondary metabolism.

* Guidance Committee: Dr. Arie Fitzgerald Blank (Advisor), Dr. Itamara Bomfim Gois (Adjunct advisor).

1. INTRODUÇÃO GERAL

A flora brasileira, caracterizada por sua ampla biodiversidade, oferece um grande potencial para a descoberta de compostos bioativos com aplicações farmacêuticas, cosméticas e agrícolas. Dentre os biomas que ocorrem no Brasil, a Caatinga se destaca por ser exclusivamente brasileiro, presente predominantemente no Nordeste e parte do norte de Minas Gerais, e abrange cerca de 10% do território nacional. A Euphorbiaceae é uma das famílias botânicas que mais representa a Caatinga e se destaca por sua diversidade e alto índice de endemismo. Além disso, essa família apresenta uma grande importância econômica com espécies usadas na alimentação como a mandioca (*Manihot esculenta*), na produção de borracha e madeira como a seringueira (*Hevea brasiliensis*) e na medicina tradicional (Vizzotto *et al.*, 2010; Trindade; Lameira, 2014; Barreira *et al.*, 2016; Guedes *et al.*, 2018).

O gênero *Croton* L. é considerado um dos mais ricos dessa família, possuindo cerca de 300 espécies no Brasil. Esse gênero vem ganhando destaque pela sua variedade de plantas aromáticas que produzem óleos essenciais com propriedades bioativas de potencial valor econômico. Dentre as espécies desse gênero, observa-se a *Croton grewioides* Baill. que é uma planta arbustiva aromática conhecida popularmente como canelinha, alecrim de caboclo ou ainda canela de cunhã. Essa espécie possui diversas propriedades estudadas, como fungicida, bactericida, antioxidante, anti-inflamatória e antitumoral, as quais estão associadas ao seu óleo essencial (Barrera *et al.*, 2016; Caetano, 2020; Oliveira *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2020).

Os óleos essenciais são formados por compostos oriundos do metabolismo secundário da planta, principalmente terpenos e compostos fenólicos, que fazem uma interface entre a planta e o meio em que ela está inserida, atuando, por exemplo, na defesa contra predadores. No entanto, a composição química que conferem as atividades biológicas relatadas na literatura pode sofrer interferência de diversos fatores bióticos e abióticos (Gobbo-Neto; Lopes, 2007; Vizzotto; Krolow; Weber, 2010). Dentre esses fatores, a sazonalidade é um dos principais fatores que pode afetar a composição química pois está diretamente relacionada à temperatura, disponibilidade hídrica e radiação solar.

Dessa forma, o estudo desses fatores é de fundamental importância para compreender como eles interferem nas características qualitativas e quantitativas dos óleos essenciais que podem afetar suas propriedades. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da sazonalidade na composição química e no teor dos óleos essenciais extraídos de folhas de acessos de *Croton grewioides* Baill.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Botânica e Usos de *Croton grewioides*

O gênero *Croton* L. é um dos mais ricos da família Euphorbiaceae Juss., contendo mais de 1200 espécies no mundo e cerca de 300 espécies catalogadas no Brasil. A maioria das espécies do gênero *Croton* são consideradas pioneiras, devido à sua presença em locais como beira de estradas, clareiras de matas e margens de rios. E, por essa razão, tem um papel importante na recuperação de áreas degradadas. Além disso, esse gênero apresenta em sua composição compostos químicos oriundos do metabolismo secundário que são usados na medicina tradicional e possuem atividades biológicas comprovadas, o que instiga a busca por novas substâncias bioativas para uso farmacológico (Lima; Pirani, 2003; Barrera, 2016; Silva *et al.*, 2020).

Croton grewioides Baill. é uma planta nativa da região Semiárida do Brasil e é encontrada principalmente nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. A espécie é popularmente conhecida como “alecrim-de-caboclo”, “canelinha”, “canelinha de cunhã” ou ainda “canela-brava” devido ao aroma exalado de suas folhas e flores (Moraes, 2006; Silva *et al.*, 2010; Caruzo, 2020; Prado *et al.*, 2021).

É uma espécie arbustiva que pode chegar a 3 metros de altura, com caule pouco ramificado, acinzentado, látex ausente (Figura 1A), folhas alternadas e glândulas acropeciolares (Figura 1B). As sépalas são revestidas por glândulas punctiformes translúcidas, e a inflorescência é alongada e vistosa, constituída por flores estaminadas e pistiladas (Figura 1C). A floração ocorre nos períodos de fevereiro a março com frutificação nos meses de abril e maio. Seus frutos são do tipo cápsula orbicular de coloração castanha com sementes orbiculares, lisas e de coloração marrom (Figura 1B) (Lima; Pirani, 2003; Silva *et al.*, 2010).

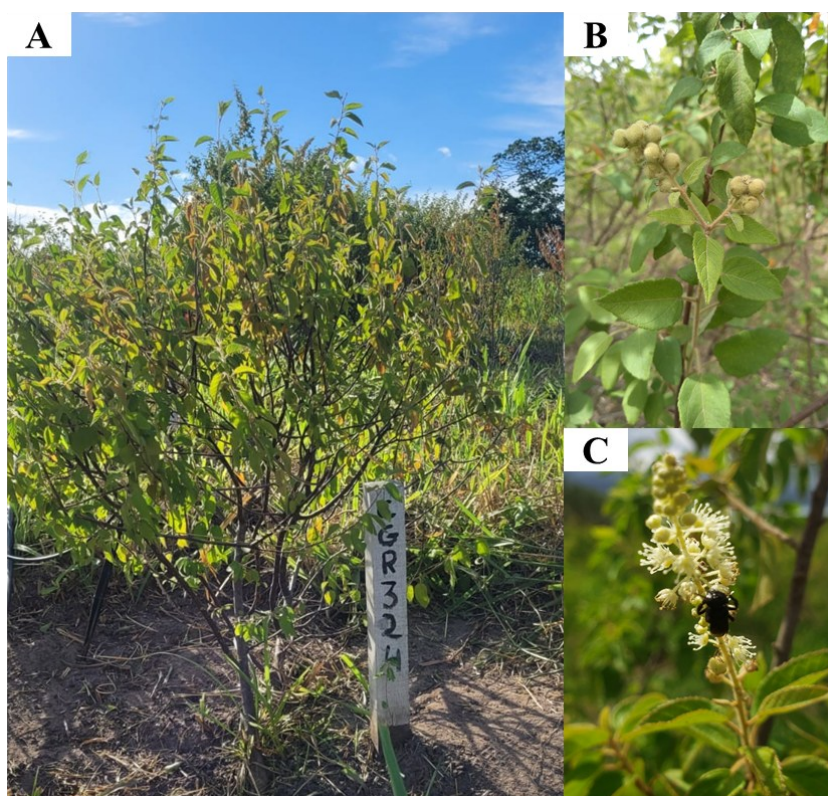


Figura 1. Acesso (A), folhas, frutos (B) e inflorescência (C) de *Croton grewioides* Baill. presente no Banco Ativo de Germoplasma de plantas medicinais e aromáticas da Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão-Sergipe, 2025.

Assim como muitas espécies do gênero *Croton*, *C. grewioides* é constituída por compostos bioativos como terpenos e fenilpropanóides, a exemplo do (E)-anetol, eugenol,

metil-eugenol e metil chavicol, que conferem propriedades inseticidas, acaricidas, fungicidas, bactericidas, além de ação anti-inflamatória, antioxidante, cicatrizante, antitumoral, entre outras, ao seu óleo essencial (Sá *et al.*, 2014; Caetano, 2020; Oliveira *et al.*, 2020).

Silva *et al.* (2015) relataram o consumo de *C. grewioides* na forma de chá, por meio da infusão das folhas, como alternativa no alívio de sintomas de gripe. Oliveira *et al.* (2018) constataram a capacidade antioxidante de óleos essenciais de *C. grewioides* usando os métodos de captura do radical livre DPPH, captura do radical livre ABTS, redução de ferro – FRAP e β -Caroteno/ácido linoleico, sendo a maior atividade para eliminação de radicais livres constatada para os óleos essenciais dos acessos CGR106 (67,91%) e CGR126 (61,98%).

Silva *et al.* (2016) comprovaram o efeito antidiarreico do extrato etanólico de *C. grewioides* em camundongos. Já Rodrigues *et al.* (2023) confirmaram a atividade antimicrobiana de óleos essenciais de acessos de *C. grewioides* sobre o fitopatógeno *Xanthomonas campestris* pv. *Campestris*, e constataram que o composto eugenol estava diretamente associado à essa atividade.

Santos *et al.* (2022) demonstraram a eficácia do óleo essencial do acesso de *C. grewioides* (CGR-126) no controle da lagarta da soja (*Chrysodeixis includens*) e seletivo para seu inimigo natural (*Podisus nigrispinus*). Essa atividade foi associada ao seu composto majoritário eugenol, que apresentou maior controle e menor seletividade.

De Lima *et al.* (2013) observaram o potencial larvicida e ovicida de *C. zehntneri* (atualmente *C. grewioides*) no controle de *Aedes aegypti*. Além disso, a toxicidade oral aguda em camundongos também foi determinada, revelando baixa ou moderada toxicidade dos óleos essenciais para mamíferos.

2.1.1 Composição química do óleo essencial de *Croton grewioides* Baill.

Diversos estudos têm evidenciado a variabilidade química dos óleos essenciais de *Croton grewioides*. Costa *et al.* (2008) identificaram sete compostos no óleo essencial das folhas de *C. zehntneri* (atualmente *C. grewioides*), destacando o estragol (76,8%) como majoritário, seguido por 1,8-cineol (7,0%), eugenol (5,3%), mirceno (4,4%), biciclogermacreno (1,7%), β -ocimeno (1,6%) e sabineno (0,61%).

Andrade *et al.* (2015) analisaram os óleos essenciais extraídos de folhas e caules de *C. zehntneri*, identificando sete compostos, com predominância do estragol (84,7%), seguido por (+)-espatulenol (5,6%), 3(2H)-benzofuranona, 2,4-dimetil- (3,2%), aromadendreno (3,1%), anisaldeído (1,6%), metil farnesoato (1,5%) e 1,8-cineol (0,3%). Por sua vez, Aguiar *et al.* (2014) detectaram apenas quatro compostos no óleo essencial das folhas dessa espécie, com o estragol (99,15%) como majoritário e, em baixíssima abundância relativa, eucaliptol, biciclogermacreno e espatulenol.

Outros estudos indicam uma composição ainda mais diversa para *C. grewioides*. Silva (2016) identificou onze compostos, com predominância de 2,3-dimetil-1,3-heptadieno (67,18%), seguido por (+)-sativeno (5,62%), β -cariofileno (3,19%), germacreno B (2,93%), γ -eudesmol (2,18%), germacreno D (2,15%), γ -elemeno (1,77%), γ -cadineno (1,20%), linalol (0,79%), elemol (0,71%) e γ -selineno (0,64%). Medeiros *et al.* (2017) verificaram 18 compostos no óleo essencial da espécie, entre os quais α -pineno (47,43%), sabineno (12,09%), limoneno (7,98%), biciclogermacreno (5,96%), trans-cariofileno (5,51%), germacreno D (4,96%), β -bisaboleno (2,99%) e 1,8-cineol (2,21%).

Viturino *et al.* (2024) também identificaram 18 compostos com predominância do estragol (49,61%), metil eugenol (19,05%), anisol (11,36%) seguidos de metil-trans-isoeugenol (6,34%) e 1,8-cineol (4,65%).

O Banco Ativo de Germoplasma de Plantas Medicinais e Aromáticas da Universidade Federal de Sergipe mantém uma coleção de *C. grewioides*, que contribui para estudos sobre sua variabilidade química. Oliveira (2018) encontrou 21 compostos nos óleos essenciais de quatro acessos da espécie, com variações na composição majoritária entre os acessos

analisados: (Z)-isoosmorhizol (38,74%) e (E)-isoosmorhizol (24,19%) no acesso CGR-104; metil chavicol (59,85%, estragol) e eugenol (25,51%) no acesso CGR-106; metil eugenol (85,58%) no acesso CGR-112; e metil eugenol (45,97%) e eugenol (42,68%) no acesso CGR-126.

Mais recentemente, Rodrigues (2022) analisou 29 acessos e identificou 19 compostos, sendo os principais: metil eugenol (90,32% em CGR-302; 87,09% em CGR-307; 82,76% em CGR-304; 84,56% em CGR-308; 82,19% em CGR-323 e 82,07% em CGR-210), metil chavicol (88,13% em CGR-324, estragol) e eugenol (80,38% em CGR-108 e 80,37% em CGR-107).

A ampla variabilidade química dos óleos essenciais de *C. grewioides* pode influenciar diretamente suas propriedades bioativas. Dessa forma, a caracterização química desses óleos é fundamental para compreender essa variabilidade e validar seu potencial biotecnológico.

2.2 Importância dos metabólitos secundários

As plantas produzem uma diversidade de compostos orgânicos e bioativos que são classificados em metabólitos primários e secundários. Os metabólitos primários estão presentes em todas as plantas e desempenham funções essenciais para o crescimento, desenvolvimento e sobrevivência das plantas, sendo assim, indispensáveis para os processos metabólicos básicos (Taiz; Zeiger, 2013; Borges; Amorim, 2020). Por outro lado, os metabólitos secundários possuem distribuição restrita, ocorrendo em nível de espécie ou em grupos de espécies relacionadas, e desempenham funções adaptativas, sendo produzidos em resposta às condições ambientais as quais as plantas estão submetidas. Esses compostos podem ser divididos em três grandes grupos: compostos nitrogenados, compostos fenólicos e terpenos (Taiz; Zeiger, 2013).

Os compostos nitrogenados possuem átomos de nitrogênio como parte essencial de sua estrutura química. São sintetizados a partir de aminoácidos derivados do ciclo do ácido tricarboxílico e do ácido chiquímico, e possuem três classes importantes: alcalóides, glucosinolatos e glicosídeos cianogênicos (Vizzotto; Krolow; Weber, 2010; Borges; Amorim, 2020).

Os compostos fenólicos formam um grupo bastante diversificado de metabólitos secundários, e são sintetizados por duas rotas metabólicas principais: a rota do ácido chiquímico e a rota do ácido malônico. No entanto, esta última desempenha um papel menos expressivo em plantas superiores. A rota do ácido chiquímico dá origem as classes mais abundantes de compostos fenólicos, através da desaminação da fenilalanina, catalisada pela fenilalanina amônia liase (PAL, *phenylalanine ammonia lyase*), formando o ácido cinâmico que dá origem os compostos fenólicos simples chamados fenilpropanoides (Taiz; Zeiger, 2013; Borges; Amorim, 2020).

Os terpenos podem ser formados por duas rotas metabólicas: a rota do ácido mevalônico e a rota do metileritritol fosfato (MEP). A primeira rota ocorre no citoplasma com a ligação de três moléculas de Acetil-CoA para formar ácido mevalônico que é pirofosforilado, descarboxilado e desidratado formando assim o isopentenil difosfato (IPP) que é a unidade básica de formação dos terpenos. Já a rota do metileritritol fosfato ocorre no cloroplasto e outros plastídeos, onde o gliceraldeído-3-fosfato se condensa com dois átomos de carbono, derivados do piruvato, para formar um intermediário de cinco carbonos, o -deoxi-D-xilulose -fosfato. Este último é rearranjado e reduzido a 2-C-metil-D-eritritol 4-fosfato (MEP), que é convertido em IPP (Taiz; Zeiger, 2013; Borges; Amorim, 2020).

A união de uma molécula de IPP com seu isômero dimetilalil difosfato (DMAPP), forma o geranyl difosfato (GPP), precursor dos monoterpenos (C10). O GPP pode se ligar ao IPP para formar o farnesil difosfato (FPP), precursor dos sesquiterpenos (C15), e a adição de mais uma molécula de IPP gera o geranylgeranyl difosfato (GGPP), precursor dos diterpenos (C20). Por meio da dimerização do FPP e GGPP, ocorre a formação dos triterpenos (C30) e tetraterpenos (C40), respectivamente (Taiz; Zeiger, 2013; Borges; Amorim, 2020).

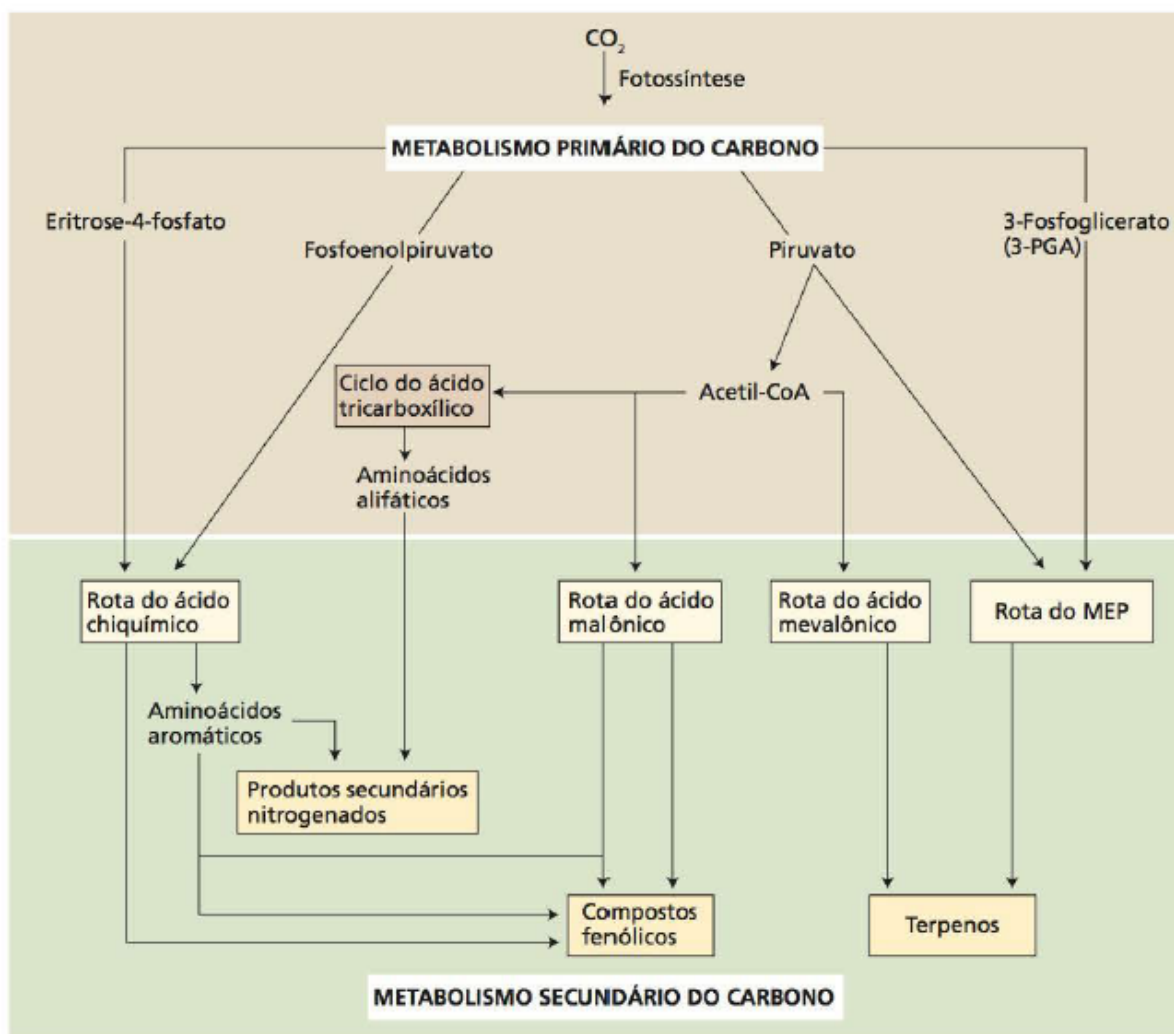


Figura 2. Principais rotas de biossíntese das três classes de metabólitos secundários (Fonte: TAIZ e ZEIGER, 2013).

Esses compostos são importantes para as plantas, pois apresentam diversas funções ecológicas, desempenhando um papel essencial na atração de polinizadores e dispersores de sementes por meio de compostos voláteis, além de pigmentos responsáveis por aromas e cores vibrantes em flores e frutos, respectivamente. Além disso, muitos compostos atuam como repelentes e agentes de defesa, protegendo as plantas contra predadores atribuindo sabores amargos, que dificultam a digestão, ou tornando-as tóxicas; e atuam na proteção contra patógenos, agindo como pesticidas naturais (Vizzotto; Krolow; Weber, 2010).

Os metabólitos secundários têm a capacidade de influenciar o crescimento e o desenvolvimento de outras plantas, algas, bactérias e fungos. Essa capacidade é denominada alelopatia e pode exercer efeitos positivos ou negativos sobre as espécies próximas. Alguns flavonóides, por exemplo, atraem rizobactérias fixadoras de nitrogênio, beneficiando tanto o desenvolvimento da planta quanto das espécies ao seu redor. Além disso, a alelopatia também é um excelente mecanismo de competição entre plantas ocasionando a inibição do crescimento ou da germinação de espécies vizinhas para evitar competição por água, luz e nutrientes (Esquinca; Moreno, 2017).

Na indústria, os metabólitos secundários possuem diversos usos como corantes naturais, como a coloração vermelha obtida das antraconas alizarina e purpurina extraídos de *Rubia tinctorum*, corantes amarelos derivados dos flavonoides como a quercetina e podem ser extraídos de *Reseda luteola*, *Genista tinctoria* e *Solidago spp.*, e a coloração azul índigo derivada de um alcalóide extraído de *Indigofera spp.* (Santos *et al.*, 2022).

Além disso, os metabólitos secundários, principalmente fenilpropanoides, alcoois derivados de ácidos graxos e terpenóides, são fontes de fragrâncias que são usadas nas indústrias cosmética e alimentícia. O monoterpene geraniol presente na rosa e no jasmim (*Rosa* spp. e *Jasminum* L., respectivamente), o eugenol característico do aroma do cravo (*Dianthus caryophyllus*) e o acetato de linalil exalado pela flor de lavanda (*Lavandula* spp.) são exemplos de metabólitos usados na indústria (Santos *et al.*, 2022; Vainsteinetal *et al.*, 2001).

2.3 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são formados por misturas complexas de substâncias de baixo peso molecular oriundas do metabolismo secundário, principalmente terpenos (monoterpenos e sesquiterpenos) e fenilpropanoides, sendo os reponsáveis por grande parte de suas atividades biológicas. A síntese desses óleos ocorre em todos os órgãos das plantas, desde raízes até os frutos, e são armazenados e secretados por estruturas especializadas como células secretoras, cavidades, canais, células epidérmicas ou tricomas glandulares (Solórzano-Santos; Miranda-Novales, 2012; Taiz; Zeiger, 2013).

Devido à riqueza de compostos bioativos e a busca por produtos naturais, os óleos essenciais vêm se destacando por suas propriedades que podem ter diversas aplicações nas indústrias farmacêutica, cosmética, alimentícia e agrícola. Além disso, o Brasil se destaca no mercado mundial como o maior exportador em quantidade de óleo essencial (Vizzotto *et al.*, 2010; Bizzo; Rezende, 2022).

A produção nacional é liderada pelo óleo essencial de laranja (*Citrus sinensis*) seguido do óleo essencial de eucalipto (*Corymbia citriodora*). Além destes, o Brasil produz também óleo essencial de limão siciliano (*Citrus limon* (L.)Burm. f.), limão Tahiti (*C. aurantiifolia* var. *latifolia* Yu. Tanaka), petitgrain (*C. aurantium* L.), entre outros (Bizzo; Rezende, 2022).

Um estudo conduzido por Bueno *et al.* (2021) sobre o perfil da exportação e importação de óleos essenciais indicou que, apesar do período pandêmico, em 2020 houve um faturamento de US\$330,75 milhões e no período de janeiro a maio de 2021, o faturamento foi de US\$151,99 milhões, evidenciando o potencial desse seguimento. E por isso, diversos estudos vêm sendo realizados para caracterização química e busca dos potenciais usos de óleos essenciais de diferentes espécies.

O potencial bactericida do óleo essencial extraído das sementes secas de *Xylopia aethiopica*, por exemplo, foi relatado por Ndoeye *et al.* (2024), os quais observaram a sua eficiência no controle de *Staphylococcus aureus* e *Enterococcus faecalis* e atividade moderada contra *Escherichia coli* e *Candida albicans*.

Moncaio-Rivera *et al.* (2024) averiguaram que o óleo essencial de folhas e flores de *Gentianella longibarbata* (Gilg) Fabris. foi eficaz na inibição de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*, mas apresentou baixa eficácia contra *Salmonella enterica* serovar e *Candida albicans*. E, considerando a atividade antioxidante, o óleo apresentou uma forte capacidade de sequestro de radicais livres e atividade redutora.

O óleo essencial de *Origanum vulgare* demonstrou eficácia superior a 98,45% em concentrações a partir de 0,37 mg/ml no controle de ovos e larvas de parasitas do gênero *Toxocara* spp., especificamente *T. canis*, que é um importante agente zoonótico. Enquanto o óleo essencial de *Origanum majorana* alcançou 100% de eficácia em concentrações variando de 0,37 a 6,00 mg/mL. Em contraste, o óleo de *Rosmarinus officinalis* não apresentou eficácia significativa. Dessa forma, os óleos de *O. vulgare* e *O. majorana* apresentam potencial como alternativas ao controle de *Toxocara* spp. (Capella *et al.*, 2022).

Mourão *et al.* (2023) avaliaram o potencial fungitóxico de óleos essenciais extraídos de plantas do bioma Cerrado contra os patógenos *Curvularia lunata* e *Rhizoctonia solani*. Verificou-se que o óleo essencial de *Aristolochia holostylis* apresentou baixa atividade fungistática, enquanto o óleo de *Xylopia frutescens* inibiu totalmente o crescimento micelial dos fungos testados, demonstrando grande potencial fungitóxico.

Pawlowski (2021) verificou o potencial alelopático dos óleos essenciais de capim-limão, citronela e lavanda na germinação e crescimento de alface (*Lactuca sativa*) e do capim-annoni (*Eragrostis plana*). Todos os óleos apresentaram efeitos inibitórios na germinação e crescimento das espécies testadas, com o capim-limão e a citronela causando os efeitos mais significativos.

Apesar do grande potencial dos óleos essenciais, a eficácia destes pode ser influenciada por diversos fatores como a espécie vegetal, o órgão da planta utilizado, o método de extração, as condições de cultivo e as interações ambientais. Esses fatores podem afetar diretamente a concentração, a estabilidade e o perfil químico dos compostos voláteis, determinando sua eficiência e viabilidade em aplicações específicas.

2.4 Fatores que podem influenciar a composição dos óleos essenciais

A composição química dos óleos essenciais é definida por fatores genéticos de forma que variedades ou quimiotipos de uma mesma espécie podem produzir perfis químicos diferentes mesmo quando cultivadas nas mesmas condições ambientais. No entanto, as interações com o ambiente podem redirecionar a rota metabólica ocasionando a produção de compostos diferentes e/ou concentração diferente dos compostos (Morais, 2009).

Além do genótipo, fatores como sazonalidade, ciclo circadiano, desenvolvimento da planta, temperatura, disponibilidade hídrica, radiação ultravioleta, nutrição da planta, poluição atmosférica, altitude e indução por estímulos mecânicos ou ataque de patógenos podem influenciar a composição de metabólitos secundários nas plantas (Gobbo-Neto; Lopes, 2007).

Santos *et al.* (2015) avaliaram a composição química de óleos essenciais extraídos de folhas jovens e maduras de *Eugenia uniflora* L. e comprovaram que a composição química difere de acordo com a idade da folha. Os compostos majoritários em folhas jovens foram germacrona (34,59%), curzereno (26,56%) e germacreno B (12,72%) e em folhas maduras foram curzereno (35,75%), germacreno B (19,22%) e cariofileno (12,55%).

Jesus *et al.*, (2016) analisaram a influência do tempo de armazenamento e da temperatura na composição química do óleo essencial de *Hyptis pectinata* L. Poit e observaram que a concentração de β -cariofileno diminuiu ao longo do tempo quando armazenados em temperatura ambiente ($\pm 32^\circ\text{C}$) e permaneceu constante quando armazenado em freezer (-20°C).

Esses estudos demonstram a complexidade dos fatores que influenciam a produção de metabólitos secundários nas plantas. Dessa forma, o estudo destes é de grande importância para o desenvolvimento de estratégias que garantam a qualidade e a eficácia dos óleos essenciais em suas aplicações.

2.4.1 Efeito da sazonalidade na composição química e produção de óleos essenciais pelas plantas

As mudanças sazonais estão diretamente associadas à temperatura, à disponibilidade de água e à radiação solar, fatores que influenciam o ciclo e o desenvolvimento das plantas. Diversos estudos têm demonstrado os efeitos da sazonalidade na produção e composição química dos óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas. Scabini (2024) estudou o efeito da sazonalidade em óleos essenciais de *Lippia alba*, e observou que em períodos de maior precipitação pluviométrica e baixas temperaturas, a produção dos compostos acteossídeo e tricina-7-O-diglucuronídeo aumentou, enquanto a de epi-loganina diminuiu.

Sá Filho *et al.* (2022) avaliaram a influência da localização geográfica e da sazonalidade na composição química dos óleos essenciais de sete acessos de *Lippia alba*. Os autores observaram variações quantitativas significativas entre as localidades avaliadas, São Cristóvão (Sergipe) e Uberlândia (Minas Gerais), e época de colheita. O acesso LA-24, que teve linalol como composto majoritário em São Cristóvão, apresentou redução significativa deste composto quando cultivado em Uberlândia, onde o geranial se tornou o principal. Além disso, considerarm também a influência da sazonalidade na composição química dos acessos

estudados. O acesso LA-03, por exemplo, apresentou grande variação na concentração de geranial, seu composto majoritário, nas diferentes épocas de colheita, tanto em São Cristóvão quanto em Uberlândia.

Oliveira *et al.* (2020) analisaram a composição química de óleos essenciais de folhas de 27 acessos de *Varronia curassavica* coletadas durante as estações chuvosa (março a agosto) e seca (novembro a fevereiro) no estado de Sergipe. Os autores notaram que o teor médio de óleo essencial foi de 1,60% na estação chuvosa e 1,71% na estação seca. A composição química do óleo essencial se manteve relativamente estável, com a identificação de sete grupos químicos em ambas as estações. No entanto, verificou-se um aumento na concentração de viridiflorol no acesso VCUR-503, enquanto os acessos VCUR-302 e VCUR-502 apresentaram redução nos teores de α -zingibereno e (E)-cariofileno, respectivamente, na estação seca.

Pinto *et al.* (2019) avaliaram a composição química do óleo essencial de 24 genótipos de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) obtidos nas estações seca (outubro a dezembro de 2015) e chuvosa (abril a junho de 2016) no estado de Sergipe. A cultivar Genovese apresentou um maior teor de metil chavicol na estação chuvosa (27,43%) em comparação com a estação seca (2,13%). Por outro lado, o teor de eugenol foi de 29,69% na estação seca, e este composto não foi detectado na estação chuvosa para esta cultivar.

Pereira *et al.* (2022) apreciaram o efeito da sazonalidade no teor e composição química do óleo essencial de 28 acessos de *Lantana camara* coletados na estação chuvosa (agosto de 2017) e na estação seca (fevereiro de 2018), no município de São Cristóvão, Sergipe. Os autores repararam que o teor do óleo essencial foi maior na estação seca (0,22%) em comparação à estação chuvosa (0,18%). Além disso, o conteúdo total de monoterpenos apresentou uma redução da estação chuvosa para a estação seca na maioria dos acessos analisados.

Um estudo realizado por Souza *et al.* (2018) avaliou o efeito da sazonalidade na composição química do óleo essencial de *Spiranthera odoratissima*, extraído de folhas coletadas mensalmente entre novembro de 2014 e outubro de 2015, na cidade de Aparecida de Goiânia, Goiás. Eles observaram que o rendimento do óleo essencial foi maior durante a estação seca, atingindo um máximo de 3,4% em julho, e em novembro, durante a estação chuvosa, o rendimento foi de 2,3%. No entanto, maiores porcentagens de compostos químicos identificados ocorreram nos meses chuvosos, especialmente em março de 2015 (99,42%), enquanto as menores porcentagens foram observadas na estação seca, atingindo um mínimo de 81,13% em julho de 2015. Os compostos α -epi-Muurolol e α -Cadinol estiveram presentes apenas na estação chuvosa, enquanto o α -muurolol apresentou maiores concentrações nos meses de seca (4,40% em junho, 7,65% em julho e 5,10% em agosto).

A composição química do óleo essencial de *Aloysia triphylla* (cidrô) foi avaliada por Parodi *et al.* (2020) ao longo de dois anos (2009-2010). No primeiro ano, o limoneno apresentou o menor rendimento no inverno, enquanto o cariofileno teve seu maior rendimento nessa estação, e o óxido de cariofileno atingiu o pico na primavera. No segundo ano, o rendimento de α -citral dobrou no outono e inverno, enquanto o β -citral também apresentou aumento no outono, inverno e primavera. O cariofileno, por sua vez, foi mais abundante no verão e predominou sobre seu óxido em todas as estações, enquanto no primeiro ano essa predominância ocorreu apenas no outono e inverno. Além disso, em 2010, foi observada uma redução acentuada no teor de limoneno durante o outono e inverno.

Ramos *et al.* (2020) analisaram a composição química dos óleos essenciais de *Piper mollicomum* nas estações chuvosa (março de 2017) e seca (outubro de 2017) na cidade do Rio de Janeiro. Durante a estação chuvosa, os óleos essenciais apresentaram uma composição rica em monoterpenos oxigenados, como linalol (9,4-20,9%) e cânfora (0,1-20,5%), além do sesquiterpeno oxigenado *E*-nerolidol (1,4-16,1%). Ademais, o rendimento de óleo essencial foi mais elevado na estação seca. A análise de ACP revelou a formação de dois grupos

distintos: um rico em linalol, associado à estação chuvosa e à fase vegetativa, e outro rico em 1,8-cineol, relacionado à estação seca e à fase reprodutiva.

Rahal *et al.* (2022) constataram que a sazonalidade influencia significativamente o rendimento dos óleos essenciais de *Chenopodium ambrosioides* e que altos índices pluviométricos e altas temperaturas estão relacionados a um maior teor de óleo essencial. O estudo foi realizado no período de setembro de 2006 a agosto de 2007 e maior rendimento do óleo essencial foi observado na primavera (1,096%) e no verão (0,998%), épocas em que as temperaturas e os índices pluviométricos estavam mais altos, e apresentou uma redução considerável no outono (0,774%) e no inverno (0,819%), períodos de temperaturas mais amenas e/ou secas.

O óleo essencial da erva-cidreira (*Melissa officinalis*) também sofreu influência da sazonalidade. As colheitas feitas no outono, primavera e verão favoreceram o aumento dos constituintes majoritários neral e geranial, e a redução do teor dos constituintes citronelol, nerol e geraniol. No inverno, perceberam uma diminuição no teor de neral e geranial, e um aumento no teor de citronelal, citronelol, nerol e geraniol (Sussa *et al.*, 2023).

A composição química do óleo essencial de *Psidium cattleianum* (araçá) foi analisada durante o período seco (agosto de 2022 – inverno) e o período chuvoso (janeiro de 2023 – verão) no município de Alegre, Espírito Santo. O maior rendimento de óleo essencial ocorreu no verão (período chuvoso), com 1,41%, em comparação ao inverno (período seco), que registrou 0,33%. Durante o período seco, foram identificados β -bisaboleno e óxido de cariofileno, que não foram detectados no período chuvoso. Por outro lado, viridiflorol e gaiol foram encontrados no óleo essencial do período chuvoso, mas não foram detectados no período seco (Jesus *et al.*, 2024).

Loura *et al.* (2017) observaram que nas estações inverno (0,30 a 0,37 mg. 100g⁻¹) e primavera (0,31 a 0,36 mg 100 g⁻¹), o teor de óleo essencial foi significativamente maior em comparação com as demais estações. Os compostos α -pineno, β -pineno e sabineno foram encontrados em maiores concentrações no inverno (19,2%, 15,1% e 11,6%, respectivamente). Já o 1,8-cineol e o terpinen-4-ol apresentaram seus maiores teores no outono (6,8 e 7,8%, respectivamente). O biciclogermacreno teve maiores concentrações no verão (13,5%) e na primavera (19,9%), com redução significativa no outono (1,4%) e inverno (3,0%). E, o espatulenol e o óxido de cariofileno foram mais abundantes no outono com teores de 16,7 e 7,85%, respectivamente.

Os estudos supracitados confirmam a importância da realização de estudos para avaliar a influência da sazonalidade na composição química de espécies aromáticas, pois essas variações podem impactar diretamente suas propriedades bioativas, seu potencial uso em indústrias farmacêutica, cosmética e agrícola, além de contribuir para o manejo sustentável e a valorização econômica desses recursos naturais.

2.4.2 Efeito da idade das plantas na produção e composição de óleos essenciais

À medida que as plantas se desenvolvem, mudanças metabólicas e fisiológicas podem alterar a síntese e o acúmulo de compostos voláteis, impactando tanto o rendimento quanto a qualidade do óleo essencial. A influência da idade da planta na composição química de óleos essenciais de *Lippia sidoides* foi avaliada por Santos *et al.* (2015) que revelaram que as plantas mais jovens, com dois anos de idade, apresentaram, em geral, maiores teor de óleo essencial. O genótipo LSID105, por exemplo, registrou o maior teor de óleo essencial (7,40%) entre as plantas de dois anos. Por outro lado, as plantas com oito anos apresentaram, em média, teores mais baixos, sendo que o genótipo LSID105 obteve o maior teor entre essas plantas (6,52%). Apesar dos maiores teores de óleo essencial terem sido observados em plantas jovens, alguns genótipos, como LSID102, LSID103 e LSID104, não apresentaram diferença significativa na concentração do óleo essencial com o avanço da idade.

Santos *et al.* (2015) consideraram a composição química do óleo essencial extraído de folhas de sete acessos de *Lippia gracilis* colhidas com um e quatro anos de idade. Os autores

observaram uma variação significativa no teor de óleo essencial para as idades avaliadas, sendo o maior teor observado para o acesso LGRA202 que passou de 1,52% com um ano de idade para 4,66% com quatro anos. Além disso, houve variação na composição química dos óleos essenciais com o aumento da idade. O teor de mirceno aumentou de 2,65% para 2,91% no acesso LGRA107, enquanto o *p*-cimeno passou de 13,30% para 15,65% no acesso LGRA202. Além disso, o teor de 1,8-cineol aumentou de 1,50% para 2,52% no acesso LGRA201, e o γ -terpineno passou de 13,52% para 16,12% no acesso LGRA107.

A idade da planta também teve um impacto significativo no teor de óleo essencial e na biomassa seca de *Mentha x piperita* var. *citrata*. O teor de óleo essencial aumentou com a idade da planta, atingindo um valor máximo de 1% aos 120 dias após o transplante. No entanto, após esse período, ocorreu um decréscimo no teor de óleo, até os 210 dias, quando se observou a senescência da planta. Os compostos majoritários α -fenchol e cis-mirtanol atingiram seus picos aos 120 (49,92%) e 150 dias (30,03%), respectivamente. Esses resultados indicam que a idade da planta é um fator determinante para a produção e qualidade do óleo essencial dessa espécie (Oliveira *et al.*, 2012).

Chagas *et al.* (2011) constataram que a idade da planta em que é realizada a primeira colheita de hortelã-japonesa (*Mentha arvensis* L.) influenciou a produção da segunda colheita. Quando a primeira colheita foi realizada aos 80 dias, a biomassa seca aumentou linearmente. O teor de óleo essencial de hortelã-japonesa (*Mentha arvensis* L.) diminuiu até 100 dias e depois aumentou até 120 dias, sendo impactado pelo florescimento. Além disso, quando a primeira colheita ocorreu aos 100 ou 120 dias, o teor de óleo na segunda colheita apresentou um comportamento quadrático, aumentando e depois reduzindo.

Carvalho *et al.* (2023) avaliaram a influência da idade na composição química de dois acessos de *Lippia alba*. Observaram que os acessos L01 e L02 de *L. alba* apresentaram variações quantitativas nos seus componentes químicos majoritários conforme a idade da planta. No acesso L01, os principais compostos identificados foram carvona, limoneno e germacreno D, cujas proporções variaram com o tempo, como a carvona, que foi de 44,37% aos 30 dias após o transplante (DAT), 55,54% aos 60 DAT e 49,02% aos 90 DAT. Para o acesso L02, os compostos majoritários foram *o*-cimeno, óxido de cariofileno, α -citral e β -citral que também apresentaram variações, com *o*-cimeno passando de 30,71% aos 30 DAT para 26,98% aos 60 DAT e 10,08% aos 90 DAT.

Farias *et al.* (2023) analisaram a composição química do óleo essencial de *Varronia curassavica* Jacq. em plantas com 4, 10, 14 e 18 meses de idade. Verificaram que o teor de α -pineno aumentou aos 10 meses (34,60%), reduziu aos 14 meses (33,45%) e aumentou novamente aos 18 meses (37,55%). O teor de α -humuleno aumentou com o envelhecimento das plantas, que atingiu o pico aos 14 meses (4,17%) e diminuiu aos 18 meses (2,62%). O teor de trans-cariofileno aumentou com a idade atingindo o pico aos 14 meses (18,25%), mas sofreu uma redução aos 18 meses (12,52%).

A idade da planta influenciou a composição química do óleo essencial de *Alpinia zerumbet*. Em plantas de três meses, apenas quatro compostos foram identificados, E-nerolidol, γ -cadinene, Longiborneol e α -eudesmol, e o γ -cadinene desapareceu com o aumento da idade. Aos seis e nove meses, a composição química foram semelhantes, com 19 compostos, destacando-se o terpinen-4-ol como componente majoritário (56,36 e 53,01%, respectivamente). Aos doze meses, surgiram quatro novos compostos (mirceno, δ -2-careno, α -terpineno e terpinoleno), além de um aumento nas concentrações de 1,8-cineol (13,97%) e γ -terpineno (8,1%) (Santos *et al.*, 2012).

A composição química do óleo essencial de *Melissa officinalis* (erva-cidreira) foi analisada em plantas com um e dois anos de idade. Nurzyńska-Wierdak *et al.* (2014) observaram que a concentração de geranial foi de 45,2% em plantas de um ano e de 45,1% em plantas de dois anos, enquanto a de neral foi de 32,8% e 33,8%, respectivamente. A concentração de citronelal foi significativamente maior em plantas de um ano (8,7%) do que em plantas de dois anos (0,4%). As plantas com um ano apresentaram apenas vestígios de

geraniol, aumentando para 0,6% no segundo ano. O acetato de geranila passou de 0,5% no primeiro ano para 3,0% no segundo. O teor de óxido de cariofileno aumentou de 2,1% para 4,3% entre o primeiro e o segundo ano, enquanto o isogeranial diminuiu de 2,0% para 1,4% no mesmo período.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, U. N.; LIMA, S. G.; ROCHA, M. S.; FREITAS, R. M.; OLIVEIRA, T. M.; SILVA, R. M.; MOURA, L. C. B.; ALMEIDA, L. T. G. Preparação E caracterização do complexo de inclusão do Óleo Essencial de *Croton zehntneri* com β -Ciclodextrina. **Química Nova**, v. 37, n. 1, p. 50-55, 2014.

ANDRADE, T. C. B.; DE LIMA, S. G.; FREITAS, R. M.; ROCHA, M. S.; ISLAM, T.; DA SILVA, T. G.; MILITÃO, G. A. C. G. Isolation, characterization and evaluation of antimicrobial and cytotoxic activity of estragole, obtained from the essential oil of *croton zehntneri* (Euphorbiaceae). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.87, n. 1, p. 173-182, 2015.

BARRERA, C. A. C.; GÓMEZ, D. C.; CASTIBLANCO, F. A. Importancia medicinal del género *Croton* (Euphorbiaceae). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 21, n. 2, p. 234-247, 2016.

BIZZO, H. R.; REZENDE, C. M. O Mercado de óleos essenciais no Brasil e no Mundo na última década. **Química Nova**, v. 45, n. 8, p. 949–958, 2022. DOI:10.21577/0100-4042.20170889.

BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos secundários de plantas. **Revista Agrotecnologia**, v. 11, n. 1, p. 54-67, 2020.

BUENO, C. C.; DYNA, F. A. G. M.; OLIVEIRA, F. A. G. M. de.; SILVA, T. A. R.; LEMBI, M. K. dos S.; MORITZ, C. M. F.; SAKAI, O. A. Profile of the export and import of essential oils in Brazil, between 2020 and 2021, and the predominance of essential oil from *Melaleuca alternifolia* in Paraná. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e560101321574, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i13.21574.

CAPELLA, G.A.; MOURA, M. Q.; PERERA, S. C.; PINHEIRO, N. B.; FREITAG, R. A.; GUTERRES, K. A.; SILVA, C. C.; TERTO, W. D. C.; STROTHMANN, A. L.; FERRAZ, A.; Cleff, M. B. Potencial *in vitro* de óleos essenciais de plantas da família Lamiaceae em ovos e larvas de *Toxocara spp.* **Medicina Veterinária**, v. 16, n. 4, p. 272-279. 2022. DOI: <https://doi.org/10.26605/medvet-v16n4-5227>

CARUZO, M.B.R.; SECCO, R.S.; MEDEIROS, D.; RIINA, R.; TORRES, D.S.C.; SANTOS, R.F.D.; PEREIRA, A.P.N.; ROSSINE, Y.; LIMA, L.R.; MUNIZ FILHO, E.; VALDUGA, E. *Croton Flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro., 2020. (<https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB17516>). Acesso em: 04 jan. 2025

CAETANO, A. O. **Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides* e *Botrytis cinerea***. 2020. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2020.

CHAGAS, J. H.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; SANTOS, F. M. Produção de biomassa e teor de óleo essencial em função da idade e época de colheita em plantas de hortelã-japonesa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 327-334, 2011.

- COSTA, J. G. M.; RODRIGUES, F. F. G.; ANGÉLICO, E. C.; PEREIRA, C. K. B.; DE SOUZA, E. O.; CALDAS, G. F. R.; SILVA, M. R.; SANTOS, N. K. A.; MOTA, M. L.; DOS SANTOS, P. F. Composição química e avaliação da atividade antibacteriana e toxicidade do óleo essencial de *Croton zehntneri* (variedade Estragol). **Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 18, n. 4, p. 583-586, 2008.
- DE LIMA, G.P.G., DE SOUZA, T.M., DE PAULA FREIRE, G.; FARIAS, D.F.; CUNHA, A. P.; RICARDO, N. M. P. S.; MORAIS, S.M.; CARVALHO, A. F. U. Further insecticidal activities of essential oils from *Lippia sidoides* and *Croton* species against *Aedes aegypti* L. **Parasitology Research**, v. 112, p. 1953–1958. 2013. <https://doi.org/10.1007/s00436-013-3351-1>
- ESQUINCA, A. R. G.; MORENO, M. C. Papel ecológico de los metabolitos secundarios. **Lacandonia**, v. 2, p. 123-130, 2017.
- FARIAS, J.P.; BARROS, A.L.A.N.; de ARAÚJO-NOBRE, A.R.; SOBRINHO-JÚNIOR, E.P.C.; ALVES, M.M.d.M.; CARVALHO, F.A.d.A.; RODRIGUES, K.A.d.F.; de ANDRADE, I.M.; SILVA-FILHO, F.A.e.; MOREIRA, D.C.; et al. Influence of Plant Age on Chemical Composition, Antimicrobial Activity and Cytotoxicity of *Varronia curassavica* Jacq. **Essential Oil Produced on an Industrial Scale. Agriculture**, v. 13, n. 2, p. 373, 2023.
- GUEDES, T. B., SAWAYRA, R. J., NOGUEIRA, C. C. Biogeography, vicariance and conservation of snakes of the neglected and endangered Caatinga region, northeastern Brazil. **Journal of Biogeography**, v. 41, P. 919-931, 2014.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.
- JESUS, A.S.; BLANK, A.F.; ALVES, M.F.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; LIMA, R.N.; ALVES, P.B. Influence of storage time and temperature on the chemical composition of the essential oil of *Hyptis pectinata* L Poit. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**. v. 18, n. 1 suppl 1, p. 336-340, 2016.
- JESUS, L. C. L. de; VASCONCELOS, L. C.; FONTES, M. M. P. Influência da sazonalidade no rendimento, composição química e atividade fito e citogenotóxica do óleo essencial de *Psidium cattleianum* Sabine. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 16, n. 6, p. 049, 2024.
- LIMA, L. R.; PIRANI, J. R. O gênero *Croton* L. (Euphorbiaceae) na Cadeia do Espinhaço, Minas Gerais, Brasil. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, p. 299-344, 2003.
- LOURA, L. G.; CASTRO, A. P.; SOLANO, A. G. R.; PACHECO, F. V.; BERTOLUCCI, S. K. V. Variação sazonal, horário de colheita, composição química e potencial antimicrobiano do óleo essencial de *Cinnamodendron dinisii* Swacke. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 21, n. 1, p. 1-13, 2019.
- MEDEIROS, V. M., NASCIMENTO, Y. M., SOUTO, A. L., MADEIRO, S. A. L., COSTA, V. C. O., SILVA, S. P. M., SILVA, V. S. F., AGRA, M.F., SIQUEIRA-JUNIOR, J. P., TAVARES, J. F. Chemical composition and modulation of bacterial drug resistance of the essential oil from leaves of *Croton grewiioides* **Microbial Pathogenesis**, v. 111, p. 468-471, 2017.
- MONCAYO-RIVERA, C. M.; MONCAYO-MOLINA, L.; SPENGLER, I.; PINO, J. A.; ROJAS-MOLINA, J. O. Chemical composition and biological activities of *Gentianella*

longibarbata (Gilg) Fabris essential oil from Ecuador. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 27, n. 5, p. 1282-1290, 2024.

MORAIS, S. M. D.; CATUNDA JÚNIOR, F. E. A.; SILVA, A. R. A. D.; MARTINS NETO, J. S.; RONDINA, D.; CARDOSO, J. H. L. Atividade antioxidante de óleos essenciais de espécies de *Croton* do nordeste do Brasil. **Química Nova**, v. 29, n. 5, p.907-910, 2006.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**. v.27, p. S4050–S4063, 2009.

MOURÃO, D. D. S. C.; HAN, J. S.; OSÓRIO, P. R. A.; CRUZ ARAÚJO, S. H.; LIMA, L. R.; SANTOS, G. R. Potencial fungitóxico dos óleos essenciais de plantas do cerrado no controle dos fitopatógenos *Curvularia lunata* e *Rhizoctonia solani*. **Peer Review**, v. 5, n. 15, p. 112-127, 2023.

NDOYE, S.F.; TINE, Y.; SECK, I.; BA, L.A.; Ka, S.; CISSs, I.; BA, A.; SOKHNA, S.; NDAO, M.; GUEYE, R.S. Chemical Constituents and Antimicrobial and Antioxidant Activities of Essential Oil from Dried Seeds of *Xylopia aethiopica*. **Biochemistry Research. International**, v. 2024, n. 1, p. 3923479, 2024.

NURZYNSKA-WIERDAD, R.; BOGUCA-KOCKA, A.; SZYMCZAK, G. Volatile Constituents of *Melissa officinalis* Leaves Determined by Plant Age. **Natural Product Communications**, v. 9, n. 5, p. 703-706, 2014.

OLIVEIRA, A. R. M. F.; JEZLER, C. N.; OLIVEIRA, R. A. O.; COSTA, L. C. B. Influência da idade da planta na produção de óleo essencial de alevante. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 241-245, 2012.

OLIVEIRA, B. M. S. de; BLANK, A. F.; NIZIO, D. A. de C.; NOGUEIRA, P. C. de L.; ARRIGONI-BLANK, M. de F.; BACCI, L.; MELO, C. R.; NASCIMENTO, L. F. de A.; SAMPAIO, T. S. Chemical analyses of the essential oils from *Varronia curassavica* accessions in two seasons. **Journal of Essential Oil Research**, [S. l.], p. 1-10, 2020.

OLIVEIRA, S. D. S., **Atividade antioxidante dos óleos essenciais de *Croton grewoides* Baill, *Croton tetradenius* Baill e seus compostos majoritários**. 2018. 31 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão - SE, 2018.

OLIVEIRA, S. D. S.; SILVA, A. M. O.; BLANK, A.F.; NOGUEIRA, P. C. L.; NIZIO, D. A. C.; ALMEIDA-PEREIRA, C. S.; PEREIRA, R. O.; MENEZES-SÁ, T. S. A.; SANTANA, M. H. S.; ARRIGONI-BLANK, M. F. Radical scavenging activity of the essential oils from *Croton grewoides* Baill accessions and the major compounds eugenol, methyl eugenol and methyl chavicol. **Journal of Essential Oil Research**, v. 33, n.1, p.94-103, 2020.

PAWLOWSKI, A.; KUZEY, C. A.; BASTOS, K. P.; BIRCK, T. P.; SILVA, L. R. Potencial alelopático dos óleos essenciais de capim-limão, citronela e lavanda. **Agroecologia: métodos e técnicas para uma agricultura 55 sustentável**. v.4, p.142-155, apr, 2021.

PEREIRA, K. L. G.; NIZIO, D. A. C.; DE LIMA, P. C. N.; FERNANDES, R. P. M.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SÁ FILHO, J. C. F.; NASCIMENTO, L. F. A.; SOUZA, V. T.; SILVA, K. P.; BLANK, A. F. Seasonal variance in the chemical composition of essential oils from *Lantana camara* accessions and their trypanocidal activity on *Phytomonas serpens*.

Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, v. 21, n. 6, p. 737-756, 2022.

PINTO, J. A. O.; BLANK, A. F.; NOGUEIRA, P. C. L.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; ANDRADE, T. M.; SAMPAIO, T. S.; PEREIRA, K. L. G. Chemical characterization of the essential oil from leaves of basil genotypes cultivated in different seasons. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 18, n. 1, p. 58-70, 2019.

PRADO, V. M.; JESUS, R. A. D.; OLIVEIRA, J.; PEREIRA, C. S.; BLANK, A. F.; PEREIRA-FILHO, E. R.; CASS, Q. B.; LIMA, J. M. D.; FERREIRA, A. G.; NOGUEIRA, P. C.; MORAES, V. R. Evaluation of the Seasonality and Extraction Method on the Polar Extracts of *Croton grewoides* Baill. by Chromatogram Fingerprinting and Isolation of a New Triglycosylated Flavonoid. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 32, n. 2, p.385-394, 2021.

RAHAL, I. L.; NUNES, A. N.; GRUNITZKY, R. N.; SILVA, G. C. C.; OLIVEIRA, H. L. M. de.; DIAS, A. B.; BENTO, M. C. V. de. A.; SENA, J. da. S.; SILVA, G. R. da.; GAZIM, Z. C. Determinação do rendimento do óleo essencial de *Chenopodium ambrosioides* L. em função da variação sazonal. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, Umuarama, v. 26, n. 3, p. 1099-1110, 2022.

RAMOS, Y. J.; MACHADO, D. B.; QUEIROZ, G. A.; GUIMARÃES, E. F.; DEFAVERI, A. C. A.; MOREIRA, D. L. Chemical composition of the essential oils of circadian rhythm and of different vegetative parts from *Piper mollicomum* Kunth - A medicinal plant from Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 92, p. 104116, 2020.

RODRIGUES, T. C. **Caracterização química e atividade antimicrobiana de óleos essenciais de *Croton grewoides* BAILL. sobre o fitopatógeno *Xanthomonas campestris* pv. *campestris***. 2022. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022.

RODRIGUES, T. C.; GOIS, I. B.; FERNANDES, R. P. M.; Blank, A. F.; SANDES, R. D. D.; LEITE NETA, M. T. S.; NARAIN, N.; ARRIGONI-BLANK, M. F. Chemical characterization and antimicrobial activity of essential oils from *Croton grewoides* Baill. accessions on the phytopathogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 193, p. 105454, 2023.

SÁ, R. C. S, ANDRADE, L. N, OLIVEIRA, R. R. B., SOUSA, D. P. A review on anti-inflammatory activity of phenylpropanoids found in essential oils. **Molecules**, v. 19, p. 1459-1480, 2014.

SÁ FILHO, J.C.F; NIZIO, D. A. C.; OLIVEIRA, A. M. S.; ALVES, M. F.; OLIVEIRA, R. C.; LUZ, J. M. Q.; P.Cd.L. NOGUEIRA, P. C. L.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BLANK, A. F. Geographic location and seasonality affect the chemical composition of essential oils of *Lippia alba* accessions. **Industrial Crops and Products**, v. 188, p. 115602, 2022.

SANTOS, C. P. dos; OLIVEIRA, T. C. de; PINTO, J. A. O.; FONTES, S. S.; CRUZ, E. M. O.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; ANDRADE, T. M.; MATOS, I. L.; ALVES, P. B.; IN, NECCO, R.; BLANK, A. F. Chemical diversity and influence of plant age on the essential oil from *Lippia sidoides* Cham. germplasm. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 416–421, 2015.

SANTOS, F.R.; BRAZ-FILHO, R.; CASTRO, R.N. Influência da idade das folhas de *Eugenia uniflora* L. na composição química do óleo essencial. **Química Nova**, v. 38, n. 06, p. 762–768, 2015.

SANTOS, M. S.; JEZLER, C. N.; OLIVEIRA, A. R. M. F.; OLIVEIRA, R. A.; MIELKE, M. S.; COSTA, L. C. B. Horário de colheita e idade da planta sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Alpinia zerumbet*. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 385-390, 2012.

SANTOS, N.C.; DE SILVA, J.E.; SANTOS, A.C.C.; DANTAS, J.O.; TAVARES, S.R.S.A.; ANDRADE, V.S.; OLIVEIRA, S.D.S.; BLANK, A.F.; ARAÚJO, A.P.A.; BACCI, L. Bioactivity of essential oils from *Croton grewoides* and its major compounds: Toxicity to soybean looper *Chrysodeixis includens* and selectivity to the predatory stink bug *Podisus nigrispinus*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, p. 18798–18809, 2022.

SANTOS, N. S.; DA SILVA, F. L. A. T.; NETA, M. T. S. L. Corantes naturais: importância e fontes de obtenção. **Recima21-Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 3, p. e331165-e331165, 2022.

SCABINI, C. **Variação sazonal e circadiana de metabólitos não voláteis em folhas de Lippia alba (Mill.) N.E. Br. ex Britton & P. Wilson**. 2024. 52 f.; il. Dissertação (Mestrado em Biociências) - Universidade Federal da Bahia, Vitória da Conquista, 2024.

SILVA, A.D.; MELO, S. K.; NETO, J.C.; COSTA, V.C.; PESSÔA, H.F.; TAVARES, J.F.; SILVA, M. S.; CAVALCANTE, F. A. *Croton grewoides* Baill. (*Euphorbiaceae*) shows antidiarrheal activity in mice. **Pharmacognosy Research**, v. 8, n. 3, p. 202, 2016.

SILVA, J. S.; SALES M. F., GOMES A. P. S.; CARNEIRO-TORRES D. S. Sinopse das espécies de *Croton* L. (Euphorbiaceae) no estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 441-453, 2010.

SILVA, C. G.; MARINHO, M.G.V.; LUCENA, M.F.A.; COSTA, J.G.M. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais em área de Caatinga na comunidade do Sítio Nazaré, município de Milagres, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, p. 133-142, 2015.

SILVA, O.L.M.; SECCO, R.S.; CORDEIRO, I.; CARUZO, M.B.R.; KÜLKAMP, J.; FARIAS, S.Q.; ORLANDINI, P.; MEDEIROS, D.; MARTINS, M.L.L.; TORRES, D.S.C.; RIINA, R.; CORDEIRO, W.P.F.S.; BIGIO, N.C.; PEREIRA-SILVA, R.A.; SANTOS, R.F.D.; SOUSA, A.A.C.; PEREIRA, A.P.N.; MENDOZA F., J.M.; CARRIÓN, J.F.; OLIVEIRA, L.S.D.; MELO, A.L.; ESSER, H.-J.; ROSSINE, Y.; PSCHIEDT, A.C.; LIMA, L.R.; MAYA-LASTRA., C.A.; MUNIZ FILHO, E.; VALDUGA, E.; ATHIÊ-SOUZA, S.M.; OLIVEIRA, J.C.P.; MENDES, J.C.R.; GAMA, B.R.A.; SILVA, D.F.; IGANCI, J.R.V.; LEAL, B.A.; SALES, M.F.; HALL, C.F.; MOREIRA, A.S.; ROSÁRIO, A.S.; HURBATH, F.; SILVEIRA, T.C. 2020. Euphorbiaceae in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB113>>. Acesso em: 04 jan. 2025.

SOUZA, S. J. O.; FERRI, P. H.; FIUZA, T. S.; BORGES, L. L.; PAULA, J. R. Chemical composition and seasonality variability of the *Spiranthera odoratissima* volatile oils leaves. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 28, p. 16-20, 2018.

SUSSA, F. V.; FURLAN, M. R.; SILVA, P. S. C. Produção de biomassa e dos óleos voláteis de *Melissa officinalis* L. (erva-cidreira) em função da adubação e da sazonalidade. **Revista Fitos**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 200-217, 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Metabolismo secundário. *in*: TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Artmed Editora LTDA, 2013. p. 369-400.

TRINDADE, M.T.; LAMEIRA, O. A. Espécies úteis da família Euphorbiaceae no Brasil. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 19, n. 4, 2014.

VAINSTEIN, A.; LEWINSOHN, E.; PICHERSKY, E.; WEISS, D. Floral fragrance. New in roads into an old commodity. **Plant Physiology**, v. 127, p. 1383-1389, 2001.

VITURINO, J. J. F.; CAMILO, C. J.; CARVALHO, N. K. G.; NASCIMENTO, J. B.; SILVA, M. I.; SILVA, M. P.; CASTRO, J. W. G.; SOUZA, G. G. O.; RODRIGUES, F. F. G.; COSTA, J. G. M. Chemical Composition, Antibacterial and Antibiotic-Modifying Activity of *Croton grewoides* Baill Essential Oil. **Future Pharmacology**, v. 4, n. 4, p. 731-742, 2024.

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

4. ARTIGO 1

SAZONALIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS DE ACESSOS DE *Croton grewioides* Baill.

RESUMO

Croton grewioides Baill. é uma planta nativa do bioma Caatinga que possui óleos essenciais ricos em compostos provenientes do metabolismo secundário, os quais conferem à espécie diferentes propriedades bioativas, como antioxidante, antimicrobiana e cicatrizante. Contudo, a composição química desses óleos pode sofrer alterações devido a fatores ambientais, como sazonalidade, que afeta a biossíntese de metabólitos secundários. Dessa forma, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a composição química do óleo essencial de 12 acessos de *C. grewioides* nas épocas chuvosa e seca na cidade de São Cristóvão, Sergipe. Folhas foram coletadas nas épocas chuvosa (maio) e seca (dezembro) em dois anos consecutivos (2021 e 2022), secas em estufa (40°C) e submetidas à hidrodestilação para extração dos óleos essenciais. A composição química foi analisada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas e a identificação dos compostos realizada por comparação dos espectros de massa e do índice de retenção obtidos em diferentes bases de dados. Os dados foram submetidos à análise de variância em esquema de parcelas subdivididas no tempo, análise de componentes principais (ACP) e distância Euclidiana. Foram identificados nove compostos, classificados em sesquiterpenos (55,56%) e fenilpropanóides (44,44%). Eugenol, metil eugenol e metil chavicol foram os compostos majoritários identificados, e os compostos espatulenol e biciclogermacreno foram constatados em todos os acessos, independente da época. Os dendogramas, baseados na distância Euclidiana, agruparam os acessos em 4 e 2 grupos químicos para as épocas chuvosa e seca, respectivamente. A ACP permitiu identificar que os compostos eugenol, metil eugenol e metil chavicol foram responsáveis pela formação dos grupos químicos observados. A composição química do óleo essencial de *C. grewioides* é influenciada pela sazonalidade, evidenciando a importância deste estudo para o desenvolvimento de estratégias que garantam a qualidade e a eficácia dos óleos essenciais em suas diferentes aplicações.

Palavras-chave: Recursos genéticos; germoplasma; canelinha; eugenol; metabólitos secundários.

4.1. Introdução

Croton grewioides Baill. é uma espécie arbustiva, que pode chegar a 3 metros de altura, e nativa do bioma Caatinga. Assim como outras espécies de seu gênero, *C. grewioides*, vem sendo estudada por ser uma planta aromática com óleo essencial rico em compostos que conferem à espécie diferentes atividades biológicas (Caruzo, 2020; Prado *et al.*, 2021). Dentre as atividades biológicas estudadas, destacam-se as atividades inseticida, acaricida, fungicida, bactericida, além de ação anti-inflamatória, antioxidante, cicatrizante e antitumoral (Sá *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2015; Caetano, 2020; Oliveira *et al.*, 2020).

As atividades biológicas observadas estão diretamente associadas à composição química de seus óleos essenciais, que são ricos em terpenos e compostos fenólicos. Como foi observado por Rodrigues *et al.* (2023), o composto eugenol demonstrou atividade bactericida sobre *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* e os óleos essenciais que apresentavam como composto majoritário o eugenol foram mais eficazes no controle desta bactéria quando comparados àqueles com baixa concentração, ou ausência, deste composto. A atividade antioxidante dos óleos essenciais de genótipos *C. grewioides* foi observada por Olivera *et al.*

(2020), destacando-se aqueles com eugenol em sua composição. Santos *et al.* (2022) verificaram a atividade inseticida dos óleos essenciais de genótipos de *C. grewioides* sobre as larvas de *Chrysodeixis includens* e verificaram que os acessos que apresentaram como compostos majoritários o eugenol e o metil eugenol, assim como os compostos isolados, foram mais tóxicos para a lagarta.

A composição química dos óleos essenciais pode ser influenciada por diversos fatores como a genética, o manejo agrônomico e as condições climáticas. A sazonalidade é um dos fatores que pode influenciar a composição química dos óleos essenciais, pois envolve os fatores precipitação, umidade relativa e temperatura que afetam diretamente a biossíntese de metabólitos secundários promovendo variações qualitativas e quantitativas na composição química destes óleos (Pinto *et al.*, 2018; Pereira *et al.*, 2022, Sá Filho *et al.*, 2022). Ribeiro *et al.* (2018) analisaram como a sazonalidade e o ciclo circadiano influenciam a composição química dos óleos essenciais de três espécies de *Croton* do bioma caatinga cearense (*C. blanchetianus*, *C. nepetifolius* e *C. zehntneri*) e constataram variações nas porcentagens dos constituintes entre as estações, com alguns compostos ausentes em determinadas épocas do ano. Da mesma forma, Prado *et al.* (2021) observaram que a composição química dos extratos metanólicos de genótipos de *C. grewioides* variou entre as estações inverno (junho de 2016) e verão (janeiro de 2017).

Diante da reconhecida influência dos fatores ambientais sobre o perfil químico dos óleos essenciais, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a composição química do óleo essencial de 12 acessos de *C. grewioides* presentes no Banco Ativo de Germoplasma de Plantas Medicinais e Aromáticas da Universidade Federal de Sergipe, nas estações chuvosa e seca durante dois anos consecutivos (2021 e 2022).

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Material vegetal e variáveis avaliadas

A coleção de *Croton grewioides* Baill. está inserida no Banco Ativo de Germoplasma de Plantas Medicinais e Aromáticas localizado na Fazenda Experimental “Campus Rural”, Universidade Federal de Sergipe (UFS), município de São Cristóvão, Sergipe, Brasil (11°00’S, 37°12’O).

A região possui uma precipitação média anual de 1.200 mm, temperatura média de 25,5°C e umidade relativa do ar em torno de 75%. O período de chuvas concentra-se entre abril e agosto. De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima local é do tipo As, caracterizado como tropical chuvoso com verão seco (Melo *et al.*, 2006).

A coleção foi implantada em delineamento em blocos casualizados com três repetições e duas plantas por parcela. As plantas estão dispostas em espaçamento 2 x 2. As variáveis analisadas foram teor (%) e a composição química dos óleos essenciais de acessos de *C. grewioides*.

4.2.2. Teor do óleo essencial

Para a obtenção do óleo essencial, folhas das plantas de 12 acessos (Tabela 1) foram colhidas no Banco Ativo de Germoplasma de Plantas Medicinais e Aromáticas da Universidade Federal de Sergipe, durante as estações chuvosa e seca em dois anos consecutivos (2021 e 2022).

Tabela 1. Código, município e Estado de origem e informações geográficas dos 12 acessos da coleção de *Croton grewoides* Baill. do Banco Ativo de Germoplasma de Plantas Medicinais e Aromáticas, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, 2025.

Código	Município de origem	Estado	Dados geográficos (latitude; longitude)
CGR-106	Poço Redondo – Serra da Guia	Sergipe	S 09°58'06,5" O 37°51'48,4"
CGR-124	Poço Redondo – Serra da Guia	Sergipe	S 09°57'55,6" O 37°51'49,8"
CGR-125	Poço Redondo – Serra da Guia	Sergipe	S 09°57'55, 6" O 37°51'49,8"
CGR-204	Poço Redondo – Serra da Guia	Sergipe	S 09°58'06,7" O 37°51'48,6"
CGR-209	Poço Redondo – Serra da Guia	Sergipe	S 09°58'13,1" O 37°51'51,0"
CGR-210	Poço Redondo – Serra da Guia	Sergipe	S 09°58'08,8" O 37°51'50,5"
CGR-221	Poço Redondo – Serra da Guia	Sergipe	S 09°57'56,3" O 37°51'48,8"
CGR-222	Poço Redondo – Serra da Guia	Sergipe	S 09°57'56,5" O 37°51'48,4"
CGR-306	Conceição do Coité	Bahia	S 11°35'78,2" O 39°19'00,9"
CGR-307	Conceição do Coité	Bahia	S 11°35'79,0" O 39°19'01,2"
CGR-313	Conceição do Coité	Bahia	S 11°35'89,7" O 39°18'11,4"
CGR-318	Conceição do Coité	Bahia	S 11°36'01,3" O 39°17'97,5"

CGR- *Croton grewoides* Baill.

Após a colheita, as folhas foram colocadas para secar em estufa de circulação de ar forçada, à temperatura de $40 \pm 1^\circ\text{C}$, por um período de cinco dias. Os óleos essenciais foram extraídos por hidrodestilação em aparelho Clevenger modificado acoplado a um balão de fundo redondo de 3 litros por 120 minutos (Ehlert *et al.*, 2006). Cada extração foi realizada usando 40 g de folhas secas e 1,5 L de água destilada. Os óleos essenciais extraídos foram conservados a -20°C até a realização da análise química e o teor de óleo essencial foi calculado por meio da seguinte fórmula:

$$T (\%) = [(Vol/MS)] \times 100$$

Vol= Volume de óleo essencial extraído da amostra;

MS= Massa seca da amostra.

4.2.3. Composição química dos óleos essenciais

A separação e identificação dos compostos presentes nos óleos essenciais de *C. grewoides* foram realizadas em um cromatógrafo a gás (CG) (*Agilent Model 7890B*) acoplado a um espectrômetro de massas (EM) (*Agilent Model 5977 A MSD*), em triplicata. O CG foi equipado com uma coluna capilar de sílica fundida DB-5MS (30 m de comprimento $\times$ 0,25 mm de diâmetro interno $\times$ 0,25 μm de espessura, *Agilent*). O gás de arraste usado foi o hélio, com taxa de fluxo de 1 mL/ min. A energia de ionização foi de 70 eV, com faixa de detecção de massa variando de 40 a 500 Da. Para a injeção das amostras, foi utilizado um amostrador automático (*Agilent G4513A*), com volume de injeção de 1 μL de cada amostra (10 mg do óleo essencial/ mL de solução) em modo “*splitless*”. A temperatura inicial do forno foi de 35°C , mantida por dois minutos, seguida de um aumento de $10^\circ\text{C}/\text{min}$ até 100°C , a qual foi mantida por um minuto. Em seguida, a temperatura foi elevada a $3^\circ\text{C}/\text{min}$ até 250°C , e mantida por três minutos.

Os dados foram processados utilizando o *software Mass Hunter* (Versão B 7.0, *Agilent Technologies*). Os compostos foram identificados por meio da comparação de seus espectros de massas com os presentes no banco de dados *NIST* (*National Institute of Standards & Technology*). Além disso, foi calculado o índice de retenção (IR) de cada composto, determinado de acordo com o tempo de retenção de uma sequência de n-alcanos (C8 - C24), seguido da comparação dos valores obtidos com aqueles presentes na literatura (ADAMS, 2017) e em outras bases de dados online, *PubChem* e *Chemspider*.

4.2.4. Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANAVA) em esquema de parcelas subdivididas no tempo com o auxílio do pacote “*ExpDes.pt*” (Ferreira *et al.*, 2021)

utilizando o *software R* (*R core Team*, 2022) e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott a uma probabilidade de $p \leq 0,05$. As análises de componentes principais (ACP) e de dissimilaridade, com base na distância Euclidiana, foram realizadas utilizando o *software Statistica 7.0*. A visualização dos dados de distância Euclidiana foi realizada por meio de um dendrograma construído utilizando-se o método de agrupamento de Ward. Os histogramas contendo a composição química dos grupos observados nos dendrogramas foram produzidos utilizando o *software GraphPad Prism 8.0*.

4.3. Resultados

A precipitação média para a época chuvosa (maio) foi de 179,9 mm, enquanto na época seca (dezembro) foi de 55 mm. Os dados pluviométricos foram coletados na área da Fazenda experimental “Campus Rural”.

Observou-se interação para os fatores analisados, acessos de *C. grewioides* e época de colheita (chuvosa e seca) (Tabela 1A). Foram identificados nove compostos na análise química dos acessos de *C. grewioides*, considerando os compostos com área percentual média acima de 1%, o que resultou na análise de no mínimo 95% dos compostos de cada óleo essencial. Dos compostos identificados, 44,44% foram fenilpropanóides e 55,56% sesquiterpenos. Além disso, foi possível observar três compostos majoritários entre os acessos: metil chavicol, eugenol e metil eugenol, os quais pertencem a classe dos fenilpropanóides.

A análise multivariada dos constituintes químicos dos óleos essenciais, por meio da distância Euclidiana, resultou em agrupamentos diferentes dos acessos de *C. grewioides* para as diferentes épocas. Na época chuvosa, foi possível observar a formação de três grupos químicos (Figura 1A). O grupo 1 foi composto pelos acessos CGR-106, CGR-221, CGR-318, CGR-124, CGR-222, CGR-209, CGR-125 e CGR-306, agrupados devido aos compostos eugenol e metil eugenol como majoritários na composição química de seus óleos essenciais nesse período (Figura 2A). O grupo 2 foi formado apenas pelo acesso CGR-204, isolado devido ao metil chavicol como composto majoritário (Figura 2A). E o grupo 3, composto pelos acessos CGR-210, CGR-307 e CGR-313, apresentou o metil eugenol como composto majoritário (Figura 2A).

Para a época seca (Figura 1B) foi possível observar a formação de dois grupos químicos. O grupo 1, formado pelos acessos CGR-106, CGR-221, CGR-318 e CGR-204, foram agrupados por apresentarem o eugenol e o metil chavicol como compostos majoritários (Figura 2B). O grupo 2 foi formado pelos acessos CGR-124, CGR-313, CGR-125, CGR-209, CGR-306, CGR-222, CGR-210 e CGR-307 que possuem o metil eugenol e o eugenol como compostos majoritários (Figura 2B).

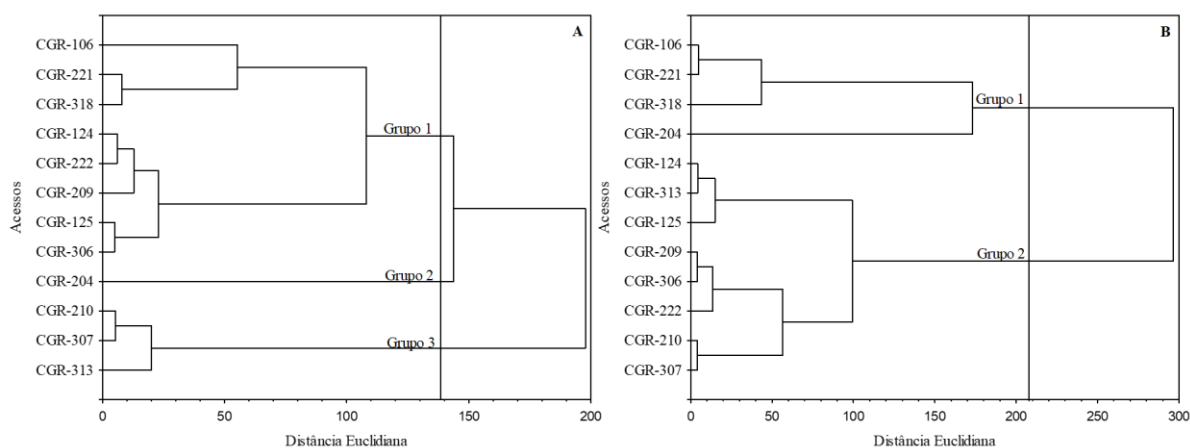


Figura 1. Dendrogramas bidimensionais (Distância Euclidiana) representando a distância dos 12 acessos de *Croton grewioides* Baill. com relação à composição química nas épocas chuvosa (A) e seca (B). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, 2025.

Foi possível observar mudanças de grupos químicos de alguns acessos entre as épocas. O acesso CGR-204 que na época chuvosa ficou isolado no grupo 3 (Figura 1A), caracterizado por possuir apenas o metil chavicol como composto majoritário (Figura 2A), na época seca passou para o grupo 1, formado por acessos que possuem eugenol e metil chavicol como compostos majoritários e caracterizados pela ausência do metil eugenol (Figura 2B).

Os acessos que pertenciam ao grupo 3 na época chuvosa (Figura 1A), onde o metil eugenol foi o composto majoritário (Figura 2A), passaram a integrar o grupo 2 na época seca (Figura 1B), apresentando o metil eugenol e eugenol como compostos majoritários (Figura 2B).

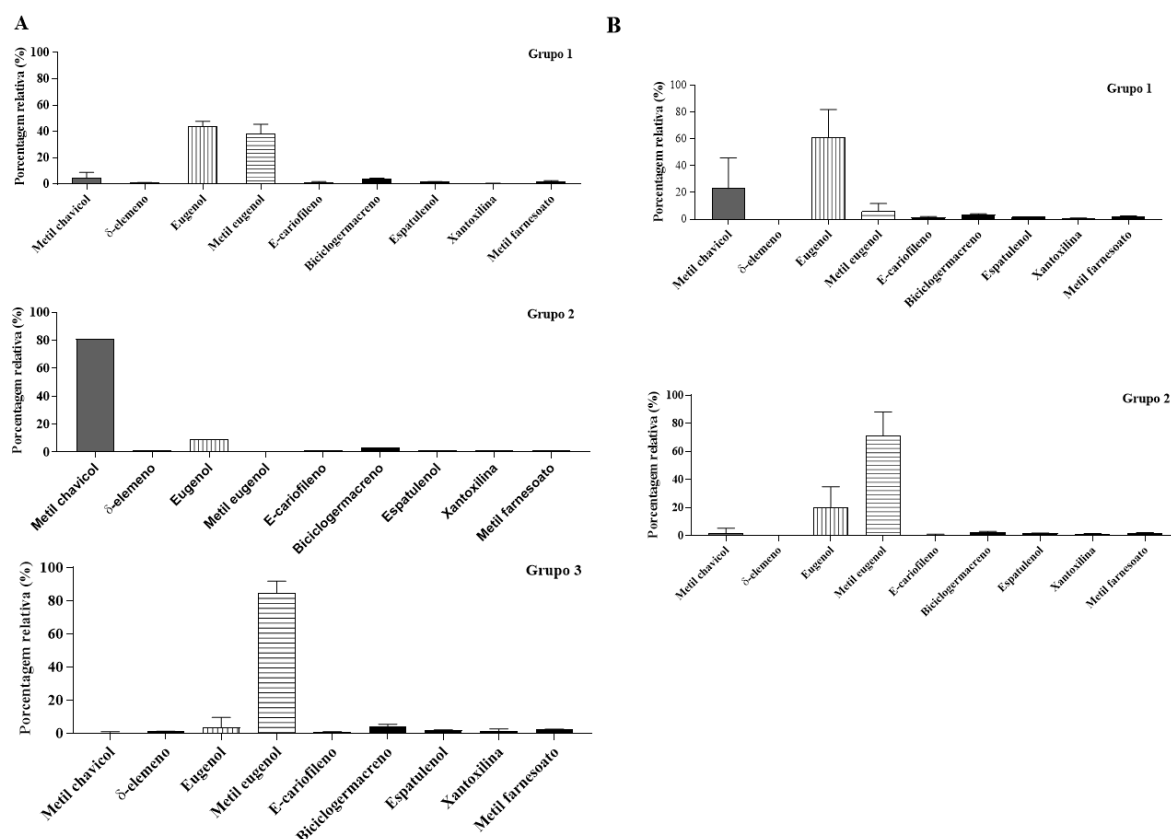


Figura 2. Histogramas representando os grupos químicos do óleo essencial de *Croton grewoides* em função das épocas chuvosa (A) e seca (B). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, 2025.

A análise de componentes principais (ACP) da época chuvosa (Figura 3A) explicou 59,91% da variância dos dados. O primeiro componente (CP1) foi responsável por 32,27% da variabilidade dos dados e está positivamente correlacionado aos compostos δ -elemeno, eugenol e bicyclergmacreno. E o segundo componente principal (CP2) foi responsável por explicar 27,64% da variância dos dados e está positivamente correlacionado ao metil eugenol e metil farnesoato e negativamente correlacionado ao metil chavicol. A ACP da época seca (Figura 3B) explicou 68,88% da variância dos dados. O primeiro componente principal explicou 46,67% da variabilidade dos dados e está positivamente correlacionado ao eugenol e E-cariofileno, bicyclergmacreno e espatulenol e negativamente correlacionado ao metil eugenol. E o segundo componente explicou 22,21% da variância dos dados e está positivamente correlacionado ao metil chavicol.

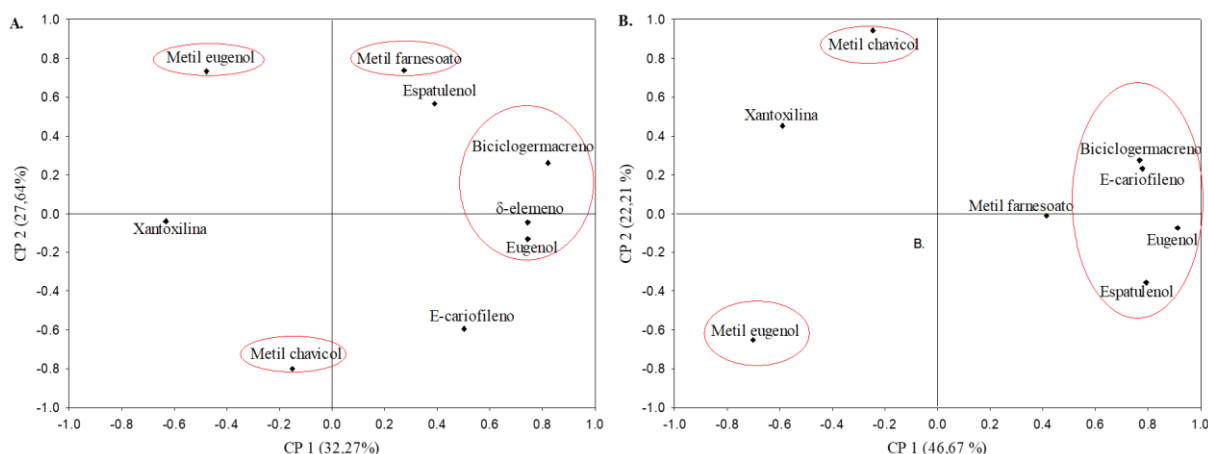


Figura 3. Análise de componentes principais (ACP) para a composição química dos óleos essenciais de 12 acessos de *Croton grewoides* nas épocas chuvosa de 2021 (A), seca de 2021 (B), chuvosa de 2022 (C) e seca de 2022 (D).

O teor de óleo essencial dos acessos variou de 2,31 a 4,73% na época chuvosa e 2,48 a 5,13% na época seca (Figura 4). Os acessos CGR-124 e CGR-306 apresentaram maior teor de óleo essencial na época seca (4,38 e 5,13%, respectivamente) e o acesso CGR-209 apresentou maior teor de óleo essencial na época chuvosa (4,73%). Os demais acessos não apresentaram diferenças significativas para a variável teor de óleo essencial com relação as épocas avaliadas (Tabela 3A).

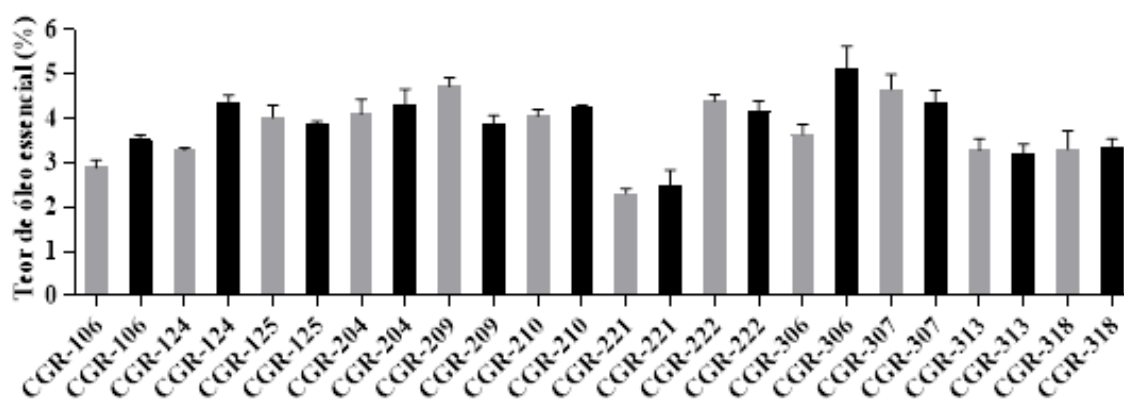


Figura 4. Teor do óleo essencial de acessos de *Croton grewoides* Baill. nas épocas chuvosa (cinza) e seca (preto). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil, 2025.

4.4. Discussão

Os compostos majoritários identificados pertencem a classe dos fenilpropanóides, em consonância com os resultados encontrados por Santos *et al.* (2010), que analisaram a composição química dos óleos essenciais extraído de folhas de três quimiotipos de *C. zehntneri* (atualmente *C. grewoides*), e identificaram os fenilpropanóides E-anethole (89,1%) no quimiotipo 1, eugenol (84,2%) no quimiotipo 2 e estragol (metil chavicol) (90,2%) no quimiotipo 3. E, analisando a composição química de óleos essenciais extraídos de folhas de *C. grewoides*, Medeiros *et al.* (2017) identificaram monoterpenos e sesquiterpenos como constituintes majoritários, dentre eles α -pineno (47,43%), sabineno (12,09%), limoneno (7,98%), biciclogermacreno (5,96%), trans-cariofileno (5,51%) e germacreno D (4,96%). A variação química dos óleos essenciais de *C. grewoides* está relacionada a fatores genéticos.

Para Gobbo-Netto e Lopes (2007) a maioria dos constituintes de óleos essenciais sofrem alterações devido à sazonalidade. No presente estudo, a produção dos compostos presentes nos óleos essenciais de *C. grewioides* variou significativamente entre as estações chuvosa e seca, bem como entre os 12 acessos avaliados. De forma semelhante, Ribeiro *et al.* (2018) examinaram a influência da sazonalidade na composição química dos óleos essenciais de três espécies de *Croton* do bioma Caatinga (*C. blanchetianus*, *C. nepetifolius* e *C. zehntneri*), no estado do Ceará, e observaram variações na porcentagem dos constituintes entre as estações, além da ausência de alguns compostos em determinados períodos. Como exemplo, o anisaldeído foi detectado em *C. zehntneri* apenas na estação chuvosa, enquanto o p-cimen-8-ol esteve presente em *C. blanchetianus* exclusivamente na estação chuvosa, e a concentração de cariofileno em *C. nepetifolius* foi maior na estação seca.

Ferreira *et al.* (2020) avaliaram a composição química de óleos essenciais extraídos de folhas de *Piper divaricatum* G. Mey. considerando a influência sazonal nos meses de fevereiro e outubro (inverno e verão amazônico, respectivamente) e identificou três compostos majoritários. O metileugenol foi majoritário em ambos os períodos; o eugenol teve a produção cerca de 50% superior no período chuvoso em comparação ao período seco; e o acetato de eugenil apresentou teor significativamente maior no período seco em comparação ao chuvoso.

Nos dendogramas (Figura 1), foi possível observar que alguns acessos migram entre os grupos nas diferentes estações. Essas mudanças estão relacionadas à variação na concentração de compostos como metil chavicol, eugenol e metil eugenol. As diferenças quantitativas dos compostos majoritários podem ser atribuídas ao compartilhamento da via biossintética, uma vez que os fenilpropanóides são produzidos pela via do ácido chiquímico, que envolve ação da fenilalanina amônia-lisase. A atividade dessa enzima é regulada por diversos fatores bióticos e abióticos, tornando-a altamente sensível às variações ambientais (Mandoulakani *et al.*, 2017).

Apesar das variações quantitativas observadas nos óleos essenciais entre as épocas de colheita, a maioria dos acessos mantiveram seus perfis químicos. O acesso CGR-204, por exemplo, manteve o metil chavicol como composto majoritário sendo sua produção acima de 60%. Esse mesmo comportamento foi observado por Sá *et al.* (2022) em acessos de *Lippia alba*, que mantiveram carvona como composto majoritário (LA-13 e LA-57) com porcentagens acima de 58% nas duas localidades testadas (São Cristóvão-SE e Urbelândia-MG).

As análises de componentes principais permitiram identificar correlações entre os compostos presentes nos óleos essenciais de *C. grewioides* em cada época. O metil chavicol apresentou correlação negativa com o composto metil eugenol. Esse comportamento foi observado nos acessos CGR-106 e CGR-204. Além disso, os compostos majoritários eugenol, metil chavicol e metil eugenol foram preponderantes para a formação dos grupos químicos, principalmente as variações na produção de eugenol e metil eugenol. Essa variação na produção dos compostos majoritários pode ser explicada pela similaridade das vias metabólicas nas quais os compostos apresentam precursores comuns (Barros *et al.*, 2009).

Com base nos resultados observados neste estudo, é possível delinear estratégias para o uso de *C. grewioides* considerando a variação sazonal da composição química de seus óleos essenciais. A definição do período ideal de colheita pode otimizar a produção e o aproveitamento dos metabólitos mais relevantes. Em relação ao teor de óleo essencial, não foram observadas diferenças significativas para a maioria dos acessos, com exceção dos acessos CGR-124, CGR-306 e CGR-209. Com relação aos compostos majoritários, a época chuvosa é a mais indicada para a produção de metil chavicol e de metil eugenol, enquanto para o eugenol a época seca é a mais indicada.

Estudos sobre estratégias de manejo, incluindo ajustes no cultivo e na irrigação, são necessários para maximizar a presença dos compostos desejados. Além disso, a estocagem e o processamento adequados dos óleos essenciais representam outra abordagem importante para

garantir maior estabilidade química e ampliar sua disponibilidade ao longo do ano. Dessa forma, *C. grewioides* pode ser explorado de maneira sustentável e eficiente, promovendo seu potencial econômico e industrial.

4.5. Conclusões

A composição química dos óleos essenciais analisados de acessos *Croton grewioides* é influenciada pela sazonalidade e variou significativamente em função da época de colheita e acesso analisado. Os compostos majoritários identificados foram o eugenol, metil chavicol e metil eugenol.

4.6. Referências Bibliográficas

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. Allured Pub Corp. 4.1. Ed., 2017.

ARNHOLD, E. Package in the R environment for analysis of variance and complementary analyses. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 50, n. 6, p. 488-492. 2013.

AZEVEDO, A. M. **Package ‘MultivariateAnalysis’**. 2021.

BARROS, F. M. C.; ZAMBARDA, E. O.; HEINZMANN, B. M.; MALLMANN, C. A. Variabilidade sazonal e biossíntese de terpenóides presentes no óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae). **Química Nova**, v. 32, p. 861-867, 2009.

CAETANO, A. O. **Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides* e *Botrytis cinerea***. 2020. 51 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2020.

CARUZO, M.B.R.; SECCO, R.S.; MEDEIROS, D.; RIINA, R.; TORRES, D.S.C.; SANTOS, R.F.D.; PEREIRA, A.P.N.; ROSSINE, Y.; LIMA, L.R.; MUNIZ FILHO, E.; VALDUGA, E. 2020. *Croton* in **Flora do Brasil** 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB17516>>.

CAVALCANTI, D. F. G.; DA SILVEIRA, D. M.; DA SILVA, G. C. Aspectos e potencialidades biológicas do gênero *Croton* (Euphorbiaceae). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 45931-45946, 2020.

EHLERT, P.A.D.; BLANK, A.F.; ARRIGONI-BLANK, M.F.; PAULA, J.W.A.; CAMPOS, D.A.; ALVIANO, C.S. Tempo de hidrodestilação na extração de óleo essencial de sete espécies de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 8, n. 2, p. 79-80, 2006.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **_ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues)_**. R package version 1.2.2, 2021. <<https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>>.

FERREIRA, G. K. S.; MARGALHO, J. F.; ALMEIDA, L. Q.; DOS ANJOS, T. O.; CASCAES, M. M.; NASCIMENTO, L. D.; ANDRADE, E. H. A. Avaliação sazonal e circadiana do óleo essencial das folhas de *Piper divaricatum* G. Mey. (Piperaceae). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41356-41369, 2020.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P.; PLANTAS MEDICINAIS: FATORES DE INFLUÊNCIA NO CONTEÚDO DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.

MEDEIROS, V. M.; NASCIMENTO, Y. M.; SOUTO, A. L.; MADEIRO, S. A. L.; COSTA, V. C. O.; SILVA, S. P. M.; SILVA, V. S. F.; AGRA, M.F.; SIQUEIRA-JUNIOR, J. P.; TAVARES, J. F. Chemical composition and modulation of bacterial drug resistance of the essential oil from leaves of *Croton grewoides*. **Microbial Pathogenesis**, v. 111, p. 468-471, 2017.

MELO, A. S.; AGUIAR NETTO, A. O.; DANTAS NETTO, J.; BRITO, M. E. B.; VIEGAS, P. R. A. V.; MAGALHÃES, L. T. S. M.; FERNANDES, P. D. Desenvolvimento vegetativo, rendimento da fruta e otimização do abacaxizeiro cv. Pérola em diferentes níveis de irrigação. **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.93-98, 2006.

MANDOULAKANI, B. A.; EYVAZPOUR, E.; GHADIMZADEH, M. The effect of drought stress on the expression of key genes involved in the biosynthesis of phenylpropanoids and essential oil components in basil (*Ocimum basilicum* L.). **Phytochemistry**, v. 139, p. 1-7, 2017.

MORAIS, S. M. D.; CATUNDA JÚNIOR, F. E. A.; SILVA, A. R. A. D.; MARTINS NETO, J. S.; RONDINA, D.; CARDOSO, J. H. L. Atividade antioxidante de óleos essenciais de espécies de *Croton* do nordeste do Brasil. **Química Nova**, v. 29, n. 5, p.907-910, 2006.

OLIVEIRA, S. D. S.; SILVA, A. M. O.; BLANK, A.F.; NOGUEIRA, P. C. L.; NIZIO, D. A. C.; ALMEIDA-PEREIRA, C. S.; PEREIRA, R. O.; MENEZES-SÁ, T. S. A.; SANTANA, M. H. S.; ARRIGONI-BLANK, M. F. Radical scavenging activity of the essential oils from *Croton grewoides* Baill accessions and the major compounds eugenol, methyl eugenol and methyl chavicol. **Journal of Essential Oil Research**, v. 33, n.1, p.94-103, 2020.

PEREIRA, K. L. G.; NIZIO, D. A. C.; LIMA, P. C. N.; FERNANDES, R. P. M.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; SÁ FILHO, J. C. F.; NASCIMENTO, L. F. A.; SOUZA, V. T.; SILVA, K. P.; BLANK, A. F. Seasonal variance in the chemical composition of essential oils from *Lantana camara* accessions and their trypanocidal activity on *Phytomonas serpens*. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 21, n. 6, p. 737-756, 2022.

PINTO, J. A. O.; BLANK, A. F.; NOGUEIRA, P. C. L.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; ANDRADE, T. M.; SAMPAIO, T. S.; PEREIRA, K. L. G. Chemical characterization of the essential oil from leaves of basil genotypes cultivated in different seasons. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 18, n. 1, p. 58-70, 2019.

PRADO, V. M.; JESUS, R. A. D.; OLIVEIRA, J.; PEREIRA, C. S.; BLANK, A. F.; PEREIRA-FILHO, E. R.; CASS, Q. B.; LIMA, J. M. D.; FERREIRA, A. G.; NOGUEIRA, P. C.; MORAES, V. R. Evaluation of the Seasonality and Extraction Method on the Polar Extracts of *Croton grewoides* Baill. by Chromatogram Fingerprinting and Isolation of a New Triglycosylated Flavonoid. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 32, n. 2, p.385-394, 2021.

R Core Team . R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2022. URL <https://www.R-project.org/>.

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**, v. 73, p. 31–38, 2018

RODRIGUES, T. C.; GOIS, I. B.; FERNANDES, R. P. M.; Blank, A. F.; SANDES, R. D. D.; LEITE NETA, M. T. S.; NARAIN, N.; ARRIGONI-BLANK, M. F. Chemical characterization and antimicrobial activity of essential oils from *Croton grewioides* Baill. accessions on the phytopathogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 193, p. 105454, 2023.

SÁ, R. C. S, ANDRADE, L. N, OLIVEIRA, R. R. B., SOUSA, D. P. A review on anti-inflammatory activity of phenylpropanoids found in essential oils. **Molecules**, v. 19, p. 1459-1480, 2014.

SÁ FILHO, J.C.F; NIZIO, D. A. C.; OLIVEIRA, A. M. S.; ALVES, M. F.; OLIVEIRA, R. C.; LUZ, J. M. Q.; P.Cd.L. NOGUEIRA, P. C. L.; ARRIGONI-BLANK, M. F.; BLANK, A. F. Geographic location and seasonality affect the chemical composition of essential oils of *Lippia alba* accessions. **Industrial Crops and Products**, v. 188, p. 115602, 2022.

SANTO, N. C.; DA SILVA, J. E.; SANTOS, A. C. C.; DANTAS, J. O.; TAVARES, S. R. S. A.; ANDRADE, V. S.; OLIVEIRA, S. D. S.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; BACCI, L. Bioatividade de óleos essenciais de *Croton grewioides* e seus principais compostos: toxicidade para o falso-medede-palmo *Chrysodeixis includens* e seletividade para o percevejo predador *Podisus nigrispinus*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, p. 18798–18809, 2022.

SANTOS, H.S.; FURTADO, E.F.; BERTINI, L.M.; BANDEIRA, P.N.; ALBUQUERQUE, M.R.J.R.; MENEZES, J.E.S.A.; TREVISAN, M.T.S.; LEMOS, T.L.G. Chemical composition and cholinesterase inhibition of essential oils of three chemotypes from *Croton zehntneri*. **Revista Latinoamericana de Química**, v. 38, p. 45–51, 2010.

SILVA, O.L.M.; SECCO, R.S.; CORDEIRO, I.; CARUZO, M.B.R.; KÜLKAMP, J.; FARIAS, S.Q.; ORLANDINI, P.; MEDEIROS, D.; MARTINS, M.L.L.; TORRES, D.S.C.; RIINA, R.; CORDEIRO, W.P.F.S.; BIGIO, N.C.; PEREIRA-SILVA, R.A.; SANTOS, R.F.D.; SOUSA, A.A.C.; PEREIRA, A.P.N.; MENDOZA F., J.M.; CARRIÓN, J.F.; OLIVEIRA, L.S.D.; MELO, A.L.; ESSER, H.-J.; ROSSINE, Y.; PSCHIEDT, A.C.; LIMA, L.R.; MAYA-LASTRA., C.A.; MUNIZ FILHO, E.; VALDUGA, E.; ATHIÊ-SOUZA, S.M.; OLIVEIRA, J.C.P.; MENDES, J.C.R.; GAMA, B.R.A.; SILVA, D.F.; IGANCI, J.R.V.; LEAL, B.A.; SALES, M.F.; HALL, C.F.; MOREIRA, A.S.; ROSÁRIO, A.S.; HURBATH, F.; SILVEIRA, T.C. 2020. Euphorbiaceae in **Flora do Brasil** 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB113>>. Acesso em: 16 nov. 2021.

SILVA, J. S.; SALES M. F., GOMES A. P. S.; CARNEIRO-TORRES D. S. Sinopse das espécies de *Croton* L. (Euphotbiaceae) no estado de Pernambuco, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 441-453, 2010.

SILVA, C. G.; MARINHO, M.G.V.; LUCENA, M.F.A.; COSTA, J.G.M. Levantamento etnobotânico de plantas medicinais em área de Caatinga na comunidade do Sítio Nazaré, município de Milagres, Ceará, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, p. 133-142, 2015.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo evidencia a importância da realização de pesquisas sobre a interação entre fatores ambientais e genéticos visando ampliar o conhecimento sobre a variabilidade química dessa espécie, além do comportamento dos compostos presente em seus óleos essenciais frente às alterações ambientais. A conservação e o uso sustentável de *Croton grewoides* dependem de um entendimento aprofundado sobre esses aspectos, especialmente em um cenário de mudanças climáticas e crescente demanda por produtos naturais. Tais informações são de grande relevância para o desenvolvimento de estratégias que garantam a qualidade e a eficácia dos óleos essenciais em suas aplicações.

ANEXO

Tabela 1A. Resumo da análise de variância dos fatores acessos e época de colheita para as variáveis teor de óleo essencial e porcentagem relativa dos compostos metil chavicol, δ -elemeno, eugenol, metil eugenol, E-cariofileno, biciclogermacreno, espatulenol, xantoxilina e metil farnesoato dos óleos essenciais de *Croton grewoides* Baill. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão - SE, 2025.

F.V.	G.L.	QM									
		Teor de OE	Metil chavicol	δ -elemeno	Eugenol	Metil eugenol	E-cariofileno	Biciclogermacreno	Espatulenol	Xantoxilina	Metil farnesoato
Acessos (A)	11	2,45**	382,10**	0,12**	3889,30**	6127,90**	4,6279**	5,22**	0,46**	3,91**	5,03**
Bloco	2	0,05	0,00	0,00	0,00	0,20	0,01	0,02	0,01	0,00	0,01
Erro a	22	0,23	0,00	0,00	0,10	0,20	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Época (E)	1	0,11 ^{n.s.}	25,20**	21,18**	165,20**	128,60**	3,06**	29,61**	0,54**	0,08**	5,24**
A x E	11	0,64**	196,20**	0,12**	540,20**	337,60**	0,67**	0,50**	0,06**	0,22**	0,47**
Erro b	24	0,16	0,00	0,00	0,10	0,10	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00
Total	71										
CV(a) (%)		12,62	0,93	5,12	0,86	0,81	16,28	1,97	3,54	7,06	2,79
CV(b) (%)		10,40	0,92	4,95	0,75	0,72	17,18	2,57	4,07	7,21	1,93

CV: coeficiente de variação (%); ** e * Diferença significativa a $p \leq 0,01$; ^{ns} não significativo.

Tabela 2A. Porcentagem relativa dos compostos presentes nos óleos essenciais de 12 acessos de *Croton grewoides* Baill. em duas épocas, chuvosa e seca. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão - SE, 2025.

Acessos	Metil chavicol		δ-elemeno		Eugenol	
	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca
CGR-106	35,11 bA	0,00 eB	1,10cA	0,00aB	51,63cB	91,02aA
CGR-124	0,00 fA	0,00 eA	0,64gA	0,00aB	38,17fA	38,11dA
CGR-125	0,25 eB	10,61 bA	0,88fA	0,00aB	44,17dA	30,51fB
CGR-204	80,86 aB	91,60 aA	1,05dA	0,00aB	9,03jA	0,00jB
CGR-209	0,13 efA	0,00 eA	1,24bA	0,00aB	26,99hA	22,45gB
CGR-210	0,12 efA	0,00 eA	1,05dA	0,00aB	0,00kA	0,00jA
CGR-221	0,00 fA	0,00 eA	1,82aA	0,00aB	59,00aB	87,35bA
CGR-222	0,00 fA	0,00 eA	0,87fA	0,00aB	32,96gA	14,78iB
CGR-306	0,00 fA	0,00 eA	0,94eA	0,00aB	40,57eA	20,52hB
CGR-307	0,00 fB	0,45 dA	1,08cA	0,00aB	0,00kA	0,00jA
CGR-313	0,94 cA	0,70 cB	1,23bA	0,00aB	10,43iB	35,00eA
CGR-318	0,50 dA	0,35 dB	1,11cA	0,00aB	55,71bB	65,27cA
	Metil eugenol		E-cariofileno		Biciclogermacreno	
	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca
CGR-106	0,00kA	0,00jA	2,57bA	2,30aA	4,30cA	2,83dB
CGR-124	51,71fB	54,69fA	0,95dA	0,66cB	2,63hA	1,74fB
CGR-125	43,87hB	52,01hA	1,03dA	0,42dB	3,18gA	1,69fB
CGR-204	0,33kA	0,00jA	0,96dA	0,66cB	3,32fA	3,18cA
CGR-209	59,81dB	69,26eA	1,02dA	0,52cB	4,44bA	3,27cB
CGR-210	86,15bB	91,77bA	0,95dA	0,00eB	3,72eA	2,76dB
CGR-221	21,78jA	0,00jB	3,30aA	2,55aB	5,67aA	4,69aB
CGR-222	54,37eB	79,78cA	1,86cA	0,00eB	3,12gA	2,11eB
CGR-306	47,04gB	72,75dA	0,72eA	0,30dB	3,99dA	2,24eB
CGR-307	90,62aB	95,08aA	0,00fA	0,00eA	3,41fA	2,13eB
CGR-313	76,23cA	52,84gB	0,56eB	1,55bA	5,55aA	3,10cB
CGR-318	27,80iA	23,63iB	0,00fA	0,00eA	5,65aA	3,83bB
	Estatuleno		Xantoxilina		Metil farnesoato	
	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa	Seca
CGR-106	1,60eA	1,59dA	0,00gA	0,00hA	0,39hA	0,00kB
CGR-124	2,18aA	1,58dB	0,81eB	1,05dA	2,06dA	1,53fB
CGR-125	1,74dA	1,52dB	0,98dA	0,88eB	2,41bA	1,34gB
CGR-204	1,35fA	1,04gB	1,11cB	1,89bA	1,48gB	1,66eA
CGR-209	1,99bA	1,70cB	0,32fB	0,50gA	1,79fA	1,22hB
CGR-210	1,91cA	1,71cB	2,78aA	2,16aB	1,90eA	1,39gB
CGR-221	1,97bA	2,06aA	0,00gA	0,00hA	2,18cA	2,16cA
CGR-222	1,52eA	1,26fB	1,69bA	0,31cB	1,76fA	0,66jB
CGR-306	1,49eA	1,45eA	0,00gA	0,00hA	2,06dA	1,76dB
CGR-307	1,45fA	1,15fB	0,00gA	0,00hA	2,21cA	0,96iB
CGR-313	1,84cA	1,90bA	0,00gB	0,69fA	2,47bB	2,86bA
CGR-318	2,00bA	2,00aA	0,00gA	0,00hA	4,74aA	3,42aB

Letras minúsculas diferentes na coluna representam diferença significativa ($p \leq 0,5$) entre os acessos; letras maiúsculas diferentes na linha representam diferença significativa ($p \leq 0,5$) entre as épocas de colheita.

Tabela 3A. Teor do óleo essencial (%) de 12 acessos de *Croton grewoides* Baill. em duas épocas, chuvosa e seca. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão - SE, 2025.

Acessos	Chuvosa	Seca
CGR-106	3,52bA	2,90cA
CGR-124	3,29bB	4,38bA
CGR-125	4,02aA	3,88bA
CGR-204	4,19aA	4,31bA
CGR-209	4,73aA	3,88bB
CGR-210	4,06aA	4,28bA
CGR-221	2,31cA	2,48cA
CGR-222	4,40aA	4,17bA
CGR-306	3,65bB	5,13aA
CGR-307	4,67aA	4,35bA
CGR-313	3,29bA	3,21cA
CGR-318	3,31bA	3,34cA

Letras minúsculas diferentes na coluna representam diferença significativa ($p \leq 0,5$) entre os acessos; letras maiúsculas diferentes na linha representam diferença significativa ($p \leq 0,5$) entre as épocas de colheita.