



UFRR

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA**  
**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS**

**SEBASTIÃO SALAZAR JANSEM FILHO**

**DETERMINANTES AMBIENTAIS NA CONSTITUIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE  
ANTIOXIDANTE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Xylopia aromatica* (Annonaceae)  
DA SAVANA DE RORAIMA**

Boa Vista, RR

2016

SEBASTIÃO SALAZAR JANSEM FILHO

**DETERMINANTES AMBIENTAIS NA CONSTITUIÇÃO QUÍMICA E ATIVIDADE DE  
ÓLEO ESSENCIAL DE *Xylopia aromatica* (Annonaceae) DA SAVANA DE  
RORAIMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais-PRONAT da Universidade Federal de Roraima como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais na área de Bioprospecção.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Adriana Flach  
Coorientador: Prof<sup>o</sup> Dr. Reinaldo Imbrózio  
Barbosa

Boa Vista, RR

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

J35d Janssem Filho, Sebastião Salazar.

Determinantes ambientais na constituição química e atividade antioxidante de óleos essenciais de *xylopia aromatica* (Annonaceae) da savana de Roraima / Sebastião Salazar Janssem Filho. – Boa Vista, 2016.

95 f. : il.

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dra. Adriana Flach.

Coorientador: Prof. Dr. Reinaldo Imbrózio Barbosa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais.

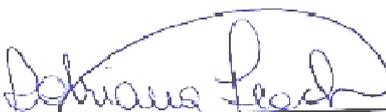
1 – Xylopia aromática. 2 – Óleo essencial. 3 – Fatores ambientais. I – Título. II – Flach, Adriana (orientador). II – Barbosa, Reinaldo Imbrózio (coorientador).

CDU – 547.913(811.4)

SEBASTIÃO SALAZAR JANSEM FILHO

Determinantes ambientais na constituição química e atividade antioxidante de óleos essenciais de *xylopia aromatica* (annonaceae) da savana de Roraima.

Dissertação apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Mestrado em Recursos Naturais da Universidade Federal de Roraima, defendida em 25 de agosto de 2016 e avaliada pela seguinte Banca examinadora:



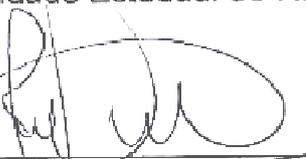
---

Prof. Dra. Adriana Flach  
Orientadora - Universidade Federal de Roraima



---

Prof. Dr. André Camargo de Oliveira  
Membro - Universidade Estadual de Roraima



---

Prof. Dr. Francisco das Chagas do Nascimento  
Membro - Universidade Federal de Roraima



---

Prof. Dra. Lidiany Camila da Silva Carvalho  
Membro - Universidade Federal de Roraima

Aos meus pais, irmãos e à  
minha esposa por toda força e  
auxílio que me deram para a  
conclusão de mais uma etapa  
de minha vida profissional.

## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho, somente foi possível pela garantia de alocação de recursos públicos para as políticas de ensino, pesquisa e extensão que as universidades recebem, por direito constitucional.

Agradeço à Universidade Federal de Roraima (UFRR) pela oportunidade;

Ao Programa de pós-graduação em Recursos Naturais PRONAT;

À minha Orientadora Profa. Dra. Adriana Flach por me ensinar o verdadeiro sentido da palavra orientação;

Ao meu co-orientador o Prof. Dr. Reinaldo Imbrózio pelos muitos cafezinhos que sempre ofereceu acompanhado da sua inestimável capacidade de me fazer pensar;

Ao Prof. Dr. Luiz Antonio M. A. da Costa pelo auxílio e sugestões sempre oportunos;

Ao Prof.Dr. Jose Geraldo Ticianeli pela confiança, incentivo e por tudo que representa na minha carreira profissional, em quem deposito meus mais sinceros votos de felicidades juntamente com a sua família;

Aos colegas da Faculdade Cathedral;

À minha amiga Sheron Ranielly pelo apoio e palavras de incentivo das quais jamais me esquecerei, em quem deposito imensa admiração e em nome de quem agradeço a todos os colegas de turma PRONAT-2014;

À minha amiga Daniela Campos pelo apoio e pela honra de compartilhar da sua companhia;

À minha eterna professora Monica Barros de Lima Abdala e sua linda família em quem me espelho e me apoio;

Aos colegas de trabalho Cleudon de Queiroz, meu grande amigo em quem deposito grande estima, Edineide pela força e pela ajuda. Meus votos de sucesso, Gilmar, Marcia, Gilmara e Iolanda do GBQF – Grupo de Biotecnologia e Química Fina do departamento de Química da Universidade Federal de Roraima, por todo apoio que sempre me deram.

À Deus, pelo dom da vida.

"O mais importante de tudo é nunca deixar de fazer perguntas. A curiosidade tem sua própria razão de existir."  
Albert Einstein.

## RESUMO

A avaliação dos fatores ambientais determinantes para a composição e atividade antioxidante de óleos essenciais de folhas de *Xylopiá aromática* (Annonaceae) foi realizada com 9 exemplares da espécie dispostos em três áreas da savana de Roraima durante 12 meses. Os óleos foram obtidos por hidrodestilação de 100g de folhas por três horas e determinados os rendimentos. A caracterização química foi determinada por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) e cromatografia gasosa com detector de ionização por chama (CG-DIC). A precipitação de chuva foi obtida pelos dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de meteorologia –INMET, os dados de temperatura e insolação foram obtidos em cada coleta. As análises de textura e fertilidade do solo foram realizadas pela Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas. Os maiores rendimentos de óleo foram em CCA-4 (0,84 %) e CCA-5 (0,81 %) e os menores em Norte-08 (0,11%) e Norte-09 (0,14%). Os compostos majoritários foram:  $\beta$ -felandreno (37,5% +/- 26,5) para todos indivíduos exceto para Sul-1, CCA-4 e 5, biciclogermacreno (15,9% +/- 11,0) em todos os indivíduos, viridiflorol (5,16% +/-4,68) sendo exclusivo dos indivíduos Sul-3, CCA-5, além de Norte-7,8 e 9. O composto não identificados ni-39 (13,47% +/-20,58) apresentou-se majoritariamente para os indivíduos Sul-1, CCA-4 e 5 além do indivíduo Sul-2. O composto não identificados ni-43 (4,40% +/-7,39) apresentou-se exclusivamente nos indivíduos CCA-4 e 5. Foi possível a identificação de 27 compostos inéditos. A atividade antioxidante foi determinada pela média das três análises realizadas apresentando baixa eficiência mesmo com 40  $\mu$ g/mL. Pelo método DPPH o menor IC<sub>50</sub> foi observado em CCA-6 (0,511  $\mu$ g/mL). Pelo método  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico as amostras foram indutoras da oxidação. Através de análises multivariadas (ACP) foi possível estabelecer correlações entre o rendimento, maior em períodos secos, e composição dos óleos com os fatores ambientais, desta forma os dois agrupamentos de dados da composição não é justificada pela variação espacial nem temporal, porém ao nível individual indica forte tendência de separação entre indivíduos onde Sul-1, CCA-4 e 5 se distinguem em função da variabilidade dos teores de  $\alpha$ -muurolol e ni-32. O pH mais ácido do solo, associado a maior concentração de alumínio e maior capacidade de troca catiônica (CTC-efetiva) apresentaram maiores correlações para rendimento.

Palavras-chave: *Xylopiá aromática* – óleo essencial – fatores ambientais

## ABSTRACT

The evaluation of the determining environmental factors for the composition and essential oils of antioxidant activity of leaves of *Xylopia aromatica* (Annonaceae) was performed with nine specimens of the species present in three areas of Roraima savannah for 12 months. The oils were obtained by hydrodistillation of 100 g of leaves for three hours and the yields determined. The chemical characterization was determined by gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) and gas chromatography with flame ionization detector (GC-FID). The rain precipitation was obtained by the data provided by the National Institute of Meteorology - INMET, the temperature and insolation data were obtained in each collection. Analyses of texture and soil fertility were carried out by the Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas. The highest oil yields were in CCA-4 (0.84%) and CCA-5 (0.81%) and the lowest in North-08 (0.11%) and North-09 (0.14%). The major compounds were:  $\beta$ -phellandrene (37.5% +/- 26.5) for all individuals except for Southern 1, CCA-4 and 5, bicyclogermacrene (15.9% +/- 11.0) in all individuals, viridiflorol (5.16% +/- 4.68) and the unique South-3 individuals, CCA-5, and Northern 7,8 and 9. the compound unidentified ni-39 (13.47% +/- 20.58) was introduced mainly for the South-1 individuals, CCA-4 and 5 and the South-2 individual. The compound unidentified ni-43 (4.40% +/- 7.39) presented exclusively on CCA-4 individuals and 5. It was possible to the identification of 27 novel compounds. The antioxidant activity was determined by the average of the three analyzes showing low efficiency even with 40  $\mu\text{g/mL}$ . By the DPPH: the lowest  $\text{IC}_{50}$  was observed in CCA-6 (0.511  $\mu\text{g/mL}$ ). By the method  $\beta$ -carotene method/linoleic acid samples were inducers of oxidation. Through multivariate analysis (PCA) was possible to establish correlations between income, higher in dry periods, and composition of oils with environmental factors, so the two cluster composition data is not justified by the spatial variation or temporal, but the level individual indicates strong tendency of separation between individuals where South 1 CCA-4 and 5 differ due to the variability of the  $\alpha$ -muurolol content and ni-32. The more acidic pH of soil associated with higher concentrations of aluminum and increased cation exchange capacity (CEC-effective) had higher correlations for yield.

Keywords: *Xylopia aromatica*- essential oil - environmental factors

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Ocorrência da <i>Xylopiá aromática</i> no Brasil.....	15
Figura 2	– Exemplar de <i>Xylopiá aromática</i> .....	16
Figura 3	– (A) Clevenger modificado e (B) separação do óleo.....	21
Figura 4	– Radical livre de DPP.....	22
Figura 5	– (A) $\beta$ -caroteno e (B) ácido linoleico.....	23
Figura 6	– Localização da área de estudo – Formação Boa Vista.....	24
Figura 7	– Espectros de massas dos compostos majoritários não identificados : (A) ni-39 e (B) ni-43 .....	47
Figura 8	– Compostos majoritários localidade Sul .....	48
Figura 9	– Compostos majoritários localidade CCA .....	49
Figura 10	– Compostos majoritários localidade Norte .....	50
Figura 11	– Monitoramento das absorvâncias das amostras pelo método $\beta$ - caroteno/ácido linoleico .....	52
Figura 12	– Rendimento % de óleo essencial de <i>X. aromática</i> por localidade.....	53
Figura 13	– Distribuição das observações da matriz de composição.....	54
Figura 14	– Análise de agrupamento de dupla entrada para as observações realizadas individualmente ao longo do período de coleta.....	55
Figura 15	– Análise de agrupamento de dupla entrada para as observações mensais.....	56
Figura 16	– Análise de agrupamento de dupla entrada para as observações individualmente .....	57
Figura 17	– Condicionantes ambientais de maior significância com a composição dos óleos essenciais de <i>X. aromática</i> .....	58

## LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1	– Composição química de óleos essenciais de <i>X. aromatica</i> descrito na literatura.....	18
Tabela 1	– Codificação, tombo e localização dos indivíduos estudados.....	34
Tabela 2	– Roteiro de coletas.....	36
Tabela 3	– Rendimento de óleo % por indivíduo ao longo de 12 meses.....	44
Quadro 2	– Composição do óleo essencial de folhas de <i>X. aromatica</i> .....	45
Tabela 4	– Percentuais (% media $\pm$ DP) dos constituintes majoritários em todos os indivíduos.....	46
Tabela 5	– Atividade antioxidante expressa em IC <sub>50</sub> ( $\mu$ g/mL), (média e DP) de três meses de ensaios pelo método DPPH-de todas as amostras .....	51
Tabela 6	– Absorbâncias medias (nm) três meses pelo tempo (minutos) na avaliação da atividade antioxidante pelo método $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.....	52

## LISTA DE SIGLAS

ABS	- Absorbância
ACP	- Análise de Componentes Principais
BHT	- 2,6-terc-butil-1-hidroxi-tolueno
CAPES	- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CCA	- Centro de Ciências Agrárias
CG	- Cromatografia Gasosa
CG-DIC	- Cromatografia Gasosa acoplada a detector de Ionização por Chama
CG-EM	- Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas
CTC	- Capacidade de Troca Catiônica
DP	- Desvio Padrão
DPPH	- 2,2-difenil-1-picrilhidrazil
FFNSC	- Flavour and Fragrance Natural and Synthetic Compounds
IBAMA	- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IK	- Índice de Kovats
INMET	- Instituto Nacional de Meteorologia
INPA	- Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
INCT	- Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia
NUPENERG	- Núcleo de Pesquisas Energéticas
NM	- Nanômetro
PPBIO	- Programa de Pesquisa em Biodiversidade
SISBIO	- Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade
UFRR	- Universidade Federal de Roraima

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1	FAMÍLIA ANNONACEAE .....	13
1.2	O GÊNERO <i>XYLOPIA</i> .....	14
1.2.1	<b>Xylopia aromatica (Annonaceae)</b> .....	15
1.3	<b>ÓLEO ESSENCIAL</b> .....	19
1.3.1	Extração de óleo essencial por hidrodestilação .....	20
1.4	<b>RADICAIS LIVRES E AGENTES ANTIOXIDANTE</b> .....	21
1.4.1	<b>Ensaio com DPPH</b> .....	22
1.4.2	<b><math>\beta</math>-caroteno/ácido linoléico</b> .....	22
1.5	<b>FATORES AMBIENTAIS</b> .....	23
1.5.1	<b>Sazonalidade</b> .....	25
1.5.2	<b>Espacialidade</b> .....	29
1.5.3	<b>Altitude</b> .....	29
1.5.4	<b>Fatores edáficos</b> .....	31
2.	<b>OBJETIVOS</b> .....	33
2.1	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	33
2.1.1	<b>Objetivos Específicos</b> .....	33
3.	<b>METODOLOGIA</b> .....	34
3.1	<b>AMOSTRAGENS</b> .....	34
3.2	<b>COLETA DE FOLHAS</b> .....	35
3.3	<b>COLETA DE DADOS METEOROLÓGICOS</b> .....	36
3.4	<b>EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL</b> .....	37
3.5	<b>ANÁLISES DO ÓLEO ESSENCIAL</b> .....	37
3.5.1	<b>Parâmetros analíticos usados para a análise por CG-EM</b> .....	38
3.5.2	<b>Parâmetros analíticos usados para a análise por CG-DIC</b> .....	38
3.6	<b>CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO</b> .....	39
3.7	<b>AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE</b> .....	39
3.7.1	<b>Avaliação da atividade antioxidante por DPPH</b> .....	39
3.7.2	<b>Auto oxidação do sistema <math>\beta</math>-caroteno/ácido linoleico</b> .....	40
3.8	<b>ANÁLISE DO SOLO</b> .....	41
3.9	<b>ANÁLISE DE DADOS</b> .....	41
4.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	44
4.1	<b>RESULTADOS</b> .....	44
4.1.1	<b>Rendimento</b> .....	44
4.1.2	<b>Caracterização dos óleos essenciais</b> .....	44
4.1.3	<b>Compostos majoritários</b> .....	46
4.1.4	<b>Variabilidade temporal dos compostos majoritários por localidade</b> .....	47
4.1.5	<b>Atividade antioxidante do óleo essencial</b> .....	51
4.2	<b>PADRÕES DE VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL</b> .....	53
4.2.1	<b>Varição temporal do rendimento do óleo essencial</b> .....	53
4.3	<b>PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES</b> .....	54
4.3.1	<b>Agrupamentos das observações individuais</b> .....	54
4.4	<b>CONDICIONANTES AMBIENTAIS DETERMINANDO A VARIABILIDADE NA COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL</b> .....	58
4.5	<b>DISCUSSÕES</b> .....	59
5.	<b>CONCLUSÕES</b> .....	63
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	65

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil, possui vasta biodiversidade com grande potencial para pesquisas, principalmente de atividades terapêuticas. As plantas da família Annonaceae, detém muitas espécies distribuídas na região amazônica usadas na medicina popular e para fins alimentícios.

As áreas de savana da Amazônia apresentam características ambientais muito próprias representadas por extensos períodos secos intensos associados a fortes períodos chuvosos, o que pode determinar a adaptação das plantas e contribuir para sua resistência, associação com outras espécies e até um mecanismo de competição entre elas.

*Xylopia aromatica* (Lamarck) Martius (Annonaceae) é uma espécie comum na grande área de savana do Estado de Roraima apresentando composição e atividades biológicas que podem variar em função do tipo de adaptação ao ambiente de seu metabolismo. A literatura contém diversos estudos químicos e de atividades com esta espécie identificando a presença de metabólitos importantes, esclarecendo algumas de suas aplicações e potencial farmacológico, porém a interferência do ambiente, principalmente dos fatores edáficos, tipo de fitofisionomia e sazonalidade climática sobre suas propriedades ainda é pouco abordada.

Estudos com outras espécies mostram que há interferência de fatores ambientais em diversas características das plantas, desde funções ecológicas até de atividades biológicas importantes, podendo até justificar a sua utilização empírica. A identificação destes fatores auxilia na compreensão da diversidade da composição química além do comportamento das variações de teores dos compostos nos óleos essenciais. Desta forma, este trabalho visa identificar se existem e quais são as influências ambientais que podem ser correlacionadas com a composição do óleo essencial da espécie proposta neste estudo.

### 1.1 FAMÍLIA ANNONACEAE

A família Annonaceae é uma das maiores famílias das Magnoliales e detém aproximadamente 128 gêneros e 2.300 espécies (MAAS; LOBÃO; RAINER, 2013).

Ocorrem em regiões tropicais, subtropicais e crescem, principalmente, em planícies abertas (LEBOEUF et al., 1980). É uma família pantropical de árvores, arbustos e lianas que desempenham um papel ecológico importante em termos de diversidade de espécies, especialmente em ecossistemas de floresta tropical (COUVREUR et al., 2012). Annonoideae é a maior subfamília que ocorre no Brasil.

A família Annonaceae está distribuída na região amazônica e guianas (RIBEIRO et al., 1999). Entre os gêneros conhecidos de Annonaceae, *Annona* é o de maior importância como fonte de frutos comestíveis (BARON et al., 2013). Além deste, *Duguetia*, *Guatteria* e *Xylopia* são os gêneros mais representativos da família na flora brasileira. No Brasil ocorrem 29 gêneros e 386 espécies de Annonaceae distribuídas, principalmente, na Amazônia, mata atlântica e cerrado. A Amazônia brasileira abriga três quartos da diversidade de Annonaceae (LOPES; MELLO-SILVA, 2014).

Muitas espécies da família Annonaceae são usadas na medicina popular mundial e também no Brasil com diversas finalidades como antiplasmódica, antibacteriana, antifúngica, antioxidante, anticancerígena, antidepressiva e até como vasorrelaxante e hipotensivo (FRAUSIN et al., 2014; LI et al., 2013).

Analisando de forma geral, os constituintes mais comuns identificados em Annonaceae são: acetogeninas, terpenos e alcaloides. Zeng et al. (1996) publicaram uma revisão reportando extração, atividade biológica e estrutura de mais de 230 acetogeninas isoladas de Annonaceae, enquanto González-Esquinca et al. (2014), citam 593 acetogeninas identificadas até 2004. Já Lucio et al. (2015) citam o isolamento de mais de 800 alcaloides para esta família. Terpenos, sejam eles voláteis ou fixos, também apresentam um número significativo de constituintes identificados nesta família de plantas.

## 1.2 O GÊNERO XYLOPIA

O gênero *Xylopia* é constituído por cerca de 150 espécies, sendo que algumas são conhecidas por seus usos etnomedicinais e atividade farmacológica. *Xylopia*, da tribo Xylopieae, possui distribuição pantropical, sendo a mais ampla dentre as Annonaceae (DIAS; KINOSHITA, 1998). No Brasil, é frequente em matas do litoral e no cerrado, sendo as espécies conhecidas e mais comuns a *Xylopia*

aromatica (Annonaceae) e a *Xylopi*a *brasiliensis* (Annonaceae) (STASI; HIRUMA-LIMA, 2002).

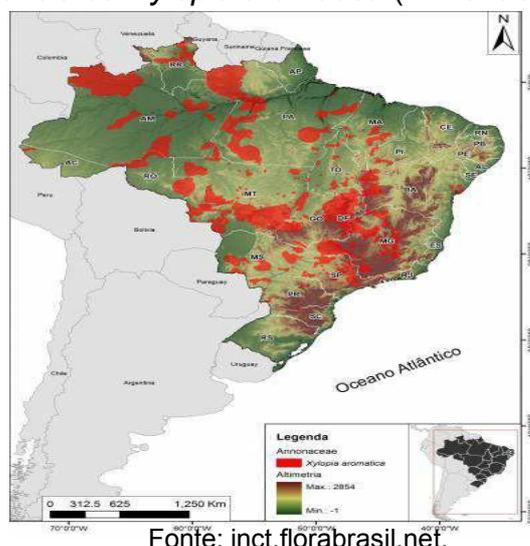
Há 70 espécies na África, 40 na Ásia e Oceania e 50 nas Américas, das quais 32 ocorrem no Brasil (DIAS; KINOSHITA, 1998). Em Roraima estão catalogadas mais de 15 espécies de *Xylopi*a (RORAIMA, 2015) mas nenhum estudo de sua composição ou atividade biológica foi realizado com plantas coletadas neste estado.

O gênero *Xylopi*a é reconhecido por apresentar uma diversidade de propriedades medicinais. Duas revisões sobre a composição química e atividade biológica foram publicadas recentemente (Silva et al., 2015) e registram a identificação de terpenos (monoterpenos, sesquiterpenos e diterpenos), esteroides, alcaloides, acetogeninas, amidas, flavonoides, xantenos, ligninas, derivados de ácidos benzoicos, hidrocarbonetos e cetonas alifáticas.

### 1.2.1 *Xylopi*a *aromatica* (Annonaceae)

A *Xylopi*a *aromatica* (Annonaceae) é uma espécie bastante abundante nas savanas amazônicas e no cerrado do Brasil Central (MAAS, 2013; BARBOSA et al., 2007). No Brasil, segundo Stasi e Hiruma-Lima (2002), a espécie é frequente em matas do litoral e no cerrado, mas pelo mapa apresentado na Figura 1 pode-se visualizar que ocorre desde o Sudeste até a região norte do país.

Figura 1 – Ocorrência da *Xylopi*a *aromatica* (Annonaceae) no Brasil.



*Xylopia aromatica* (Annonaceae) é uma árvore facilmente reconhecida pela copa piramidal com ramos e folhas pendentes simples, além de ser de pequeno a médio porte, medindo entre 5 a 10 metros de altura, frutos em pequenos cachos com 2,0 cm por 0,5 cm cada, sendo verde à amarelo avermelhado por fora, que se abre expondo o interior de um vermelho intenso com sementes pretas recobertas de uma película cinza, conforme pode ser observado na figura 2.

Figura 2 – Exemplar de *Xylopia aromatica* (Annonaceae).



Fonte: Autor

Possui diversos nomes populares, entre os quais açoita-cavalo, bananinha, begerecum, cedro-do-campo, envireira, imbiriba, pimenta-de-macaco, pimenteira, pindaíba, pindaíba-de-macaco e pindaíba-do-campo (MELO; BARBOSA, 2007; LOPES; MELLO-SILVA, 2014).

*Xylopia aromatica* (Annonaceae) é uma espécie conhecida pelos seus frutos comestíveis (MAAS; LOBÃO; RAINER, 2013), sendo utilizada popularmente como condimento em substituição à pimenta-do-reino (*Piper nigrum*). Na região amazônica da Colômbia, os índios witoto utilizam, com cautela, o chá das folhas como diurético e antiedematogênico (STASI; HIRUMA-LIMA, 2002).

Conhecida também, pelo uso para tratamento de febres e gripes, principalmente para o tratamento de doenças parasitárias (WANNES et al., 2010), esta espécie apresenta atividade biológica bastante ativa contra *Plasmodium falciparum* in vitro demonstrada por Frausin et al. (2014).

Em Roraima, foi relatada sua ocorrência em todos os municípios e, segundo os dados do Museu Integrado de Roraima (MIRR), há exsicatas desta espécie, depositadas oriundas de estudos, da identificação botânica e outros. Estão

catalogadas mais de 70 exsiccatas registradas de *Xylopia aromatica* (Annonaceae) coletadas em Roraima (RORAIMA, 2015).

Em sua constituição química encontram-se alcaloides, amidas, lignoides, acetogeninas e terpenos. Do extrato etanólico da casca foram isoladas acetogeninas, do extrato hexânico dos frutos foram isolados vários diterpenos além de um sesquiterpeno (espatulenol) e um esteroide (estigmasterol). Do extrato diclorometânico da casca do caule foram isolados dímeros labdânicos, segundo o trabalho de Martins et al. (1995) que também isolaram alcaloides da casca do caule.

O extrato metanólico das sementes apresentou atividade citotóxica e antiparasitária para *Trypanosoma cruzi* (VERGARA et al., 2006). O extrato hexânico das sementes também apresentou atividade antiparasitária contra *T. cruzi* e atividade contra promastigotas de *Leishmania chagasi*.

Em relação à composição de voláteis, há três publicações, duas das quais são com óleos essenciais extraídos de folhas e uma de frutos. A tabela 1 apresenta a composição química dos óleos de folhas. No estudo de Lago et al. (2003) foi verificado que o óleo essencial obtido por hidrodestilação de folhas de *Xylopia aromatica* (Annonaceae), coletado no estado de São Paulo, apresentou composição, principalmente, de monoterpenos (Quadro 1). Já os estudos de Maia et al. (2005) com folhas coletadas no estado do Pará, que também utilizaram a extração por hidrodestilação, mostraram as composições dos óleos de *Xylopia aromatica* (Annonaceae) com predominância de sesquiterpenos (Quadro 1). Maia et al. (2005), atribuíram o fato às condições diferenciadas a que as plantas estavam sujeitas, uma proveniente do cerrado, com uma estação seca e outra de uma região de floresta, que sempre apresenta umidade.

Os estudos de Stashenko, Jaramill e Martinez (2004) utilizaram diferentes métodos de extração de voláteis de frutos de *Xylopia aromatica* (Annonaceae) da Colômbia através do qual foi possível encontrar mais de 40 compostos, entre monoterpenos e sesquiterpenos, muitos dos quais também já tinham sido identificados em folhas. É importante salientar que este trabalho não apresenta detalhes sobre a coleta, o desenho amostral, características ambientais das amostras, assim como os horários de coleta, atividade antrópica, incidência solar, sazonalidade, espacialidade, vegetação ou características edáficas, dificultando o entendimento sobre a possível variabilidade dos compostos encontrados em diferentes localidades.

Quadro 1 – Composição química de óleos essenciais de *Xylopia aromatica* (Annonaceae) descrita na literatura.

Compostos	% determinado por Lago et al.( 2003)	% determinado por Maia et al., 2005.
<b>Monoterpenos</b>		
$\alpha$ -pineno	26,1	3,4
sabineno	0,9	0,1
$\beta$ -pineno	19,0	2,3
Mirceno	1,4	0,2
Limoneno	22,3	4,6
Linalol	-	0,3
(Z) $\beta$ -ocimeno	1,7	2,8
(E) $\beta$ -ocimeno	0,7	0,2
$\alpha$ -terpineol	-	0,2
Geraniol	-	0,3
<b>Sesquiterpenos</b>		
$\delta$ -elemeno	-	0,4
$\alpha$ -copaeno	-	1,1
$\beta$ -elemeno	-	0,6
$\beta$ -cariofileno	-	0,9
Aromadendreno	-	0,9
$\alpha$ -humuleno	-	1,0
<i>Allo</i> -aromadendreno	-	1,2

		continua
Germacreno-D	1,3	2,0
Biciclogermacreno	20,4	36,5
<i>trans</i> - $\beta$ -guaieno	-	0,3
$\delta$ -cadineno	-	0,5
Selina-3,7-dieno		0,8
Germacreno-B	2,5	2,2
Espatuleno	3,1	20,5
Globulol	0,6	2,3
( <i>E</i> )-14-hidroxi-9- <i>epi</i> -( <i>E</i> )-cariofileno	-	3,1
Sesquiterpenos não identificados	-	11,1
<b>TOTAL</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

- = composto ausente

### 1.3 ÓLEO ESSENCIAL

O termo óleo essencial foi definido no século XVI por Paracelso, médico e alquimista suíço, que denominava o princípio ativo de uma droga como “quinta essência” (BANDONI, 2000). A ISO (International Standard Organization) define óleos voláteis ou essenciais como sendo produtos obtidos de partes de plantas por meio da destilação por arraste de vapor de água ou por prensagem dos pericarpos de frutos. Os óleos essenciais constituem matérias-primas de grande importância para as indústrias cosmética, farmacêutica e alimentícia, pois são misturas decompostos caracterizados pela sua capacidade de gerar sabor ou aroma (KOHLETT et al., 2000). Essas substâncias orgânicas são os principais componentes bioquímicos de ação terapêutica das plantas medicinais e aromáticas (SIMÕES; SPITZER, 2007). O óleo essencial obtido de folhas e é constituído de odor forte e sabor aromático (CRAVEIRO, 1981).

O aroma intenso da maioria dos óleos voláteis é uma característica importante, pois os óleos essenciais são utilizados, há séculos, como flavorizantes, na fabricação de cosméticos e perfumarias. Como são solúveis em solventes orgânicos apolares, possuem solubilidade limitada em água.

A grande maioria dos óleos essenciais é constituída de derivados fenilpropanóides ou de terpenóides (BRAZ-FILHO, 2010), além de álcoois simples, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas e compostos com enxofre, geralmente em quantidades variadas (SIMÕES; SPITZER, 2007).

A síntese e a composição dos óleos essenciais, em plantas aromáticas, são influenciadas pelo genótipo, o estágio de desenvolvimento da planta e as condições ambientais (MAROTTI et al., 1994), e pode variar com os seguintes fatores: origem botânica, ciclo vegetativo, fatores climáticos, tipo de solo e procedimentos de obtenção do óleo. Nas plantas, atuam principalmente como atrativos para agentes polinizadores, inseticidas e fungicidas (CHENG et al., 2004).

Um óleo essencial é um produto volátil, de composição química extremamente complexa e com enorme variabilidade e estabilidade (BANDONI, 2000). A extração de óleo essencial, conforme a Farmacopeia Brasileira (BRASIL, 2010), pode ser por arraste de vapor ou hidrodestilação e as análises de composição química de óleo essencial poderão ser realizadas por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas.

### **1.3.1 Extração de óleo essencial por hidrodestilação**

O processo de hidrodestilação utiliza o princípio de evaporar uma mistura de vapor de água e componentes voláteis presentes no material vegetal, por meio do aparelho de Clevenger (LORENZO et al., 2000), que é acoplado a um condensador de vidro refrigerado por água. O aparelho de Clevenger deve ser, também, acoplado a um balão de fundo redondo que, por sua vez, deve ser colocado em fonte de calor para promover a ebulição da água com o material vegetal, promovendo, desta maneira, o arraste dos compostos voláteis que em seguida condensam, formando uma mistura heterogênea, com duas fases devido à diferença de polaridade e densidade entre a água e o óleo.

Após separar-se da água, o óleo deve ser seco com sulfato de sódio anidro. Este é o método mais comum de extração de óleos essenciais. A seguir são apresentados o equipamento de extração e a separação do óleo (Figura 3 A, B).

Figura 3 - (A) Clevenger modificado e (B) separação do óleo.



Fonte: Autor

#### 1.4 RADICAIS LIVRES E AGENTES ANTIOXIDANTE

Propriedades biológicas como a atividade antioxidante dependem da estrutura química enquanto agente redutor, inativação de radicais e reatividade com outros elementos antioxidantes. A oxidação é parte fundamental do metabolismo humano, assim, os radicais livres são produzidos naturalmente ou por alguma disfunção biológica.

Devido ao número de espécies de plantas com atividades biológicas existentes e o potencial farmacológico que possam apresentar, há um vasto campo para a bioprospecção de substâncias com estas atividades e afins. Os antioxidantes de melhor eficiência têm como principal característica a sua boa atividade associada ao mínimo potencial de citotoxicidade (RODRIGUEZ et al., 2008).

Os agentes antioxidantes, segundo Halliwell e Gutteridge (1995) são substâncias que, quando presente em baixa concentração comparada à do

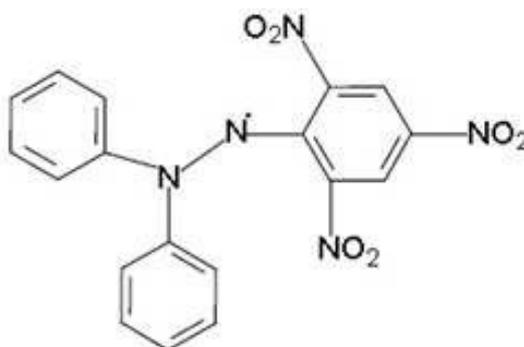
substrato oxidável, regenera o substrato ou previne significativamente a oxidação do mesmo. Dois métodos laboratoriais espectrofotométricos para verificação desta atividade foram escolhidos, sendo: DPPH·(2,2-difenil-1-picrilhidrazil) e  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico. O DPPH· que é um cromógeno muito estável e apresenta um pico de absorvância em 515nm, mas as metodologias utilizadas podem variar bastante (ARNAO, 2000; ZHUANG; SCHOLZ; PRAGST, 1999).

Para Mensor et al. (2001), o método DPPH·é rápido e fácil para avaliar a presença de antioxidante na amostra. A grande vantagem deste método consiste na sua rápida preparação, realizada em temperatura ambiente, eliminando, assim, qualquer risco de degradação térmica das moléculas em estudo.

#### 1.4.1 Ensaio com DPPH·

O método DPPH·é um excelente método *in vitro* para investigar a atividade seqüestradora de radicais de moléculas que possuam, em seu mecanismo de ação, a capacidade de doar átomos de hidrogênio para o radical (ARNAO, 2000). A seguir, está representado o radical livre utilizado neste método (Figura 4).

Figura 4– Radical livre de DPPH

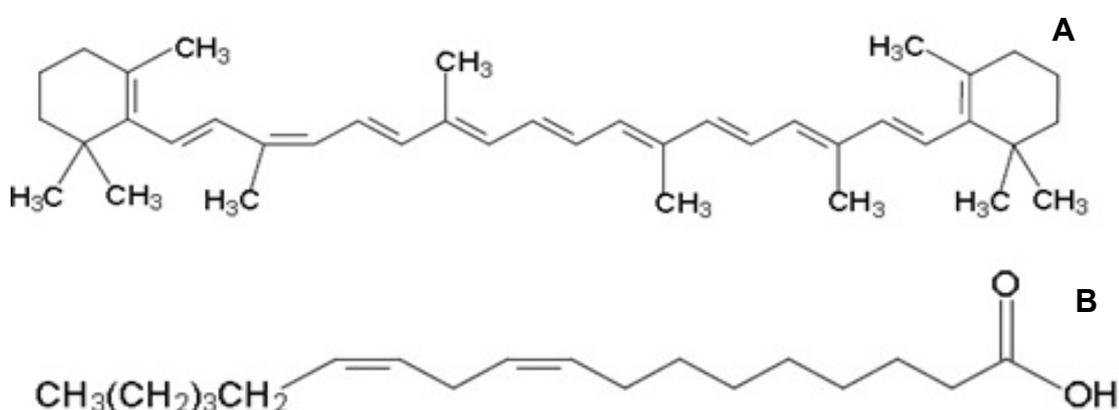


#### 1.4.2 $\beta$ -caroteno/ácido linoléico

Trata-se de um ensaio baseado na descoloração (oxidação) do  $\beta$ -caroteno (Figura 6) induzida pelos produtos de degradação oxidativa do ácido linoleico (Figura 7), ou seja, avalia a atividade de inibição de radicais livres gerados durante a peroxidação do ácido linoleico (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006). A inibição da reação de auto oxidação do  $\beta$ -caroteno deve ser realizada seguindo a metodologia

de Wannan et al. (2010), a qual se baseia na perda da cor amarela do  $\beta$ -caroteno devido a sua reação com os radicais formados pela oxidação do ácido linoleico por uma emulsão, sendo então os resultados expressos como porcentagem de atividade antioxidante (% AA). Sendo assim, a atividade antioxidante é avaliada pela adição de uma amostra que contenha antioxidantes e que, ao reagir com o radical peróxido, contribui para retardar a queda de coloração do  $\beta$ -caroteno, conseqüentemente a defesa contra o ataque dos radicais livres. A seguir são apresentados, o  $\beta$ -caroteno e o ácido linoleico (Figura 5 A, B).

Figura 5 - (A)  $\beta$ -caroteno e (B) ácido linoleico



## 1.5 FATORES AMBIENTAIS

São fatores relacionados às características do meio em que estão inseridas as plantas que se desenvolvem em um ambiente tropical. Os fatores abióticos são os fatores recebidos pelos seres vivos em um ecossistema.

A savana de Roraima detém o clima tropical do tipo Aw pela classificação de Köppen, com altas temperaturas médias durante o ano e com o pico da estação seca situado entre dezembro e março; com os meses de maio a julho representando o período de maior ocorrência de chuvas (BARBOSA, 1997). Essa variação determina duas grandes estações climáticas: uma seca e uma chuvosa.

Diversas condições ambientais podem influenciar na biossíntese de metabólitos secundários e a temperatura é uma delas, pois variações extremas são desfavoráveis ao metabolismo das plantas, sejam pelos seus valores muito elevados

ou muito baixos. De maneira geral, temperaturas amenas são mais produtivas enquanto as temperaturas altas incidem negativamente sobre as vias metabólicas das plantas (SANTOS, 2011). Os inventários de savanas amazônicas comprovam que a diversidade de plantas aromáticas e medicinais em savanas e campos naturais dos estados de Mato Grosso, Roraima, Amapá, Tocantins, Maranhão e Pará (incluindo a Ilha de Marajó) é muito maior do que a apresentada pela floresta, várzea e igapó, em toda a Amazônia brasileira (MAIA et al., 2009).

A delimitação da área de estudo dentro da savana de Roraima foi representada seguindo o delimitado por Barbosa e Campos (2011), onde as variações dos fatores ambientais podem ser plenamente representadas (Figura 6).

Figura 6 – Localização da área de estudo – formação Boa Vista.



Fonte: Google Earth; Barbosa e Campos (2011).

Estudos têm demonstrado que algumas características genéticas das plantas medicinais e aromáticas podem ser afetadas por fatores ecológicos, incluindo precipitações, temperatura, competição entre plantas, colheita e pós-colheita, concentração de nitrogênio no solo, origem geográfica, clima, topografia, elevação e fatores edáficos (PIRBALOUTI et al., 2013).

Alguns aspectos devem ser considerados, pois podem influenciar na produção de óleos essenciais, quais sejam: os fatores genéticos, o método e o tempo de extração, o horário de colheita, a localização das amostras, o tipo de solo, o tipo de vegetação, a incidência solar, os índices pluviométricos e a atividade

antrópica. O horário de colheita é um parâmetro relevante para a produção de óleo essencial e para a composição química das plantas ao longo do dia. A temperatura e a luminosidade apresentam papel relevante na fotossíntese, pois a interação destes fatores garante um ambiente ideal para o processo fisiológico (SOUZA et al., 2008). Apesar de as espécies terem se adaptado ao seu habitat natural, os vegetais são capazes de resistir a variações de temperatura, as quais são responsáveis pelas alterações na produção de metabólitos secundários. Os óleos essenciais, na maioria das vezes, apresentam um aumento em seu teor quando as plantas produtoras se encontram em ambientes com temperatura elevada, porém, em dias muito quentes, pode-se observar perda excessiva dos mesmos.

A intensidade luminosa é um fator que influencia a concentração, bem como a composição dos óleos essenciais. Como exemplo, o desenvolvimento dos tricomas glandulares (estruturas vegetais que biossintetizam e armazenam o óleo essencial) de *Ocimum basilicum* (Lamiaceae) são dependentes de luz (SILVA et al., 2003). A radiação solar intervém diretamente sobre o crescimento e o desenvolvimento da planta, e, indiretamente, pelos efeitos no regime térmico, sendo fundamental à produção de fitomassa.

### 1.5.1 Sazonalidade

O estado de Roraima é caracterizado em seu clima pela presença de dois períodos: chuvoso e não chuvoso.

O período chuvoso é compreendido entre os meses de maio a julho, quando há maior índice de precipitação. O tipo climático, de acordo com o sistema de Köppen, é do tipo Aw (tropical úmido de savana), ocorrendo no nordeste de Roraima. As médias anuais de precipitação pluvial são de 1.700-2.000 mm/ano (BARBOSA, 1997; BARBOSA et al., 2007; BRASIL, 1976).

Há relatos de variação na composição química de óleos voláteis de diferentes espécies vegetais em função de variações sazonais (CHERICONI et al., 2004). As simples variações sazonais, refletidas no comportamento das plantas, certamente deslumbraram os primeiros observadores da natureza (CURTI; CZEPAK; MARTINS, 2003).

Barros, Zambarda e Heinzmann (2009) avaliaram a variabilidade sazonal de *Lippia alba* (Verbenaceae) e comprovaram que a combinação de fatores típicos à

estação do verão no sul do Brasil (altas temperaturas, longos períodos de insolação, baixos índices de umidade relativa do ar e de precipitação) favorecem o aumento da produção de óleo essencial. No inverno, por sua vez, sob condições de baixas temperaturas, curtos períodos de insolação e elevados índices de umidade relativa do ar e precipitação, ocorre diminuição dos seus teores. Com a variação sazonal, a quantidade e a natureza dos constituintes não são constantes durante o ano. Silva et al. (1999), trabalhando com alfavaca, *Ocimum gratissimum* (Lamiaceae), obtiveram variação de mais de 80% na concentração de eugenol em seu óleo essencial, o qual atingiu o máximo no período do meio-dia (98%), contrastando com 11% no período das 17 horas.

Os trabalhos de Sarrazin et al. (2015), analisando óleo de *Lippia origanoides* Kunth (Verbenaceae) e a correlação com a variação sazonal, mostraram pouca influência sobre a composição do óleo em doze meses. Gobbo-Neto e Lopes (2007) mostraram que o metabolismo secundário de plantas pode variar, consideravelmente, dependendo de vários fatores ambientais como: sazonalidade, temperatura, disponibilidade hídrica, radiação ultravioleta, nutrientes e poluição atmosférica.

Nos estudos de Mendes, Casarin e Ohland (2012), o teor de óleos voláteis das folhas de *Duguetia frutescens* (Annonaceae), variou de forma significativa ao longo do ano. A análise de forma temporal deve prever algumas condições de padronização das coletas para que as amostras representem a espécie de forma aleatória e, acima de tudo, represente de forma fidedigna a continuidade do experimento nos mesmos indivíduos; portanto, também devem ser padronizados os horários e os períodos de coleta. As variações de padronização podem trazer resultados com efeitos inesperados ou correlações diferentes.

A análise temporal tem efeito na descrição da variação em função do tempo de estudo, favorecendo, assim, melhor entendimento sobre o uso da planta, os melhores períodos de coleta com maior rendimento de óleo essencial e, principalmente, a variação da composição em função deste fator. Em estudos realizados com *Salvia officinalis* (Lamiaceae), nos quais se avaliou a influência da sazonalidade no rendimento e na composição química do seu óleo essencial, Putievsky e Dudai (1986) concluíram que o maior rendimento de óleo essencial foi obtido no primeiro ano de cultivo, em corte realizado no verão. Com relação à composição do óleo essencial, este apresentou maior teor de constituintes

majoritários (tujona e cânfora) no segundo ano de cultivo, em corte realizado na primavera. Avaliando os efeitos da evolução sazonal na composição do óleo essencial de *Virola surinamensis* (Myristicaceae), Lopes et al. (1997) concluíram que não houve variação no rendimento do óleo essencial nas diferentes estações do ano e horários de coleta avaliados, porém a proporção relativa dos componentes do mesmo alterou significativamente.

Chaves (2002) avaliou o efeito da época de corte (outono, inverno, primavera e verão) na composição do óleo essencial de folhas e inflorescências de alfavaca-cravo, *Ocimum gratissimum* (Lamiaceae). Os resultados obtidos demonstraram que houve interferência na composição do óleo essencial em função da variação climática, apresentando as folhas, como componente majoritário, o eugenol no verão e o  $\beta$ -selineno e *trans*-cariofileno no inverno. As inflorescências apresentaram o 1,8-cineol como principal composto, com níveis baixíssimos de eugenol, sendo o teor do primeiro menor no outono.

Bezerra et al. (2008) observaram alterações nos teores de acetato de *trans*-pinocarveíla, acetato de mirtenila e  $\beta$ -pineno, componentes majoritários do óleo essencial de macela *Egletes viscosa* Less (Asteraceae), de capítulos florais provenientes de diferentes épocas de colheita.

Ao destilarem folhas de *Eucalyptus citriodora* (Myrtaceae), durante um ano, a intervalos mensais, Kapur, Vashist e Atal (1982) verificaram que a produção de óleo essencial foi mínima durante os meses de inverno (junho e julho), mas após a ocorrência de ventos e chuvas intensas, aumentaram gradualmente e alcançam o máximo de produção durante os meses mais quentes (dezembro a fevereiro). Observaram também, que houve um pequeno declínio nos meses de março e abril. O teor de citronelal foi baixo em maio e junho, mas permaneceu alto nos outros meses do ano.

Silva (2005), com o objetivo de verificar a influência da época e do horário de coleta no rendimento e na composição do óleo essencial de manjeriço, *Ocimum basilicum* (Lamiaceae), realizou cortes às 8 e às 16 horas, em agosto de 1999 e janeiro de 2000. O autor conclui que a época de colheita influenciou o teor final do óleo essencial, apresentando o óleo essencial colhido em janeiro maior rendimento que o óleo essencial colhido em agosto. No entanto, não houve influência do horário

de coleta em relação à composição do óleo essencial, que apresentou como compostos majoritários o eugenol e o linalol.

Carvalho-Filho et al. (2006) investigaram a interferência do horário de coleta, associado a diferentes temperaturas de secagem, na composição do óleo essencial de folhas de manjeriço, *Ocimum basilicum* (Lamiaceae). Foi observado um aumento na concentração de linalol proveniente do óleo essencial extraído do manjeriço colhido às 16 horas e seco à 40°C, porém a maior concentração de eugenol foi observada no óleo essencial extraído de folhas frescas, colhido às 16 horas. Estas alterações na composição química do óleo essencial podem ser explicadas pela conexão entre a variação de temperatura com a atividade metabólica das plantas. Ainda, deve-se ressaltar que a época em que se obtém maior produção de óleo essencial, pode não ser a época de maior produção do composto químico de interesse.

Desta forma, a análise temporal dos compostos de óleos essenciais de *Xylopia aromatica* (Annonaceae) permitirá compreender as variações de teores, assim como estabelecer correlação entre a composição química e as condições ambientais.

As variações no conteúdo total, bem como as proporções relativas de metabólitos secundários em plantas, ocorrem em diferentes níveis, tais como sazonais e diárias. Apesar da existência de um controle genético, a expressão pode sofrer modificações resultantes da interação de processos bioquímicos, fisiológicos, ecológicos e evolutivos (HARTMANN, 1996). Os metabólitos secundários representam uma interface química entre as plantas e o ambiente circundante, portanto sua síntese é, frequentemente, afetada por condições ambientais (KUTCHAN, 2001).

Os estudos de Putievsky e Dudai (1986), inferem que mudanças sazonais na composição química do óleo essencial de *Micromeria fruticosa* (Lamiaceae), são, principalmente, devido à maturação da folha e não são diretamente relacionadas com as condições ambientais. Provavelmente, estas alterações podem estar relacionadas com o papel ecológico desempenhado pela planta em diferentes estágios do seu desenvolvimento. O desenvolvimento e o teor de princípios ativos em plantas bioativas ou medicinais nada mais são do que a combinação dos fatores ambientais (vento, temperatura, umidade e luz), que ocorre de maneira diversificada ao longo das quatro estações do ano (PINTO; BERTOLUCCI, 2002).

Taveira et al. (2003) estudaram a composição química do óleo essencial extraído de folhas, ramos e cascas de *Aniba canelilla* (Lauraceae), coletados em locais diferentes, e concluíram que há mudanças no teor dos dois constituintes majoritários em função da estação. No período chuvoso, o 1-nitro-2-feniletano alcançou 75% enquanto o metileugenol apresentou teor de 18%. Em contraste, no período seco, apresentaram teor de 39% e 45%, respectivamente.

### **1.5.2 Espacialidade**

Roraima ocupa a região mais ao norte da Amazônia brasileira, fazendo fronteira internacional com a Guiana e a Venezuela. O Estado apresenta sua cobertura vegetal original distribuída em diferentes formações florestais e não florestais, incluindo formações vegetais particulares como as campinas e campinaranas concentradas ao sul, e os tepuis, ao norte (BARBOSA et al., 2003; IBGE, 1992; BARBOSA et al. 2007; BARBOSA; MIRANDA, 2005). Esses ambientes apresentam características bastante contrastantes quanto aos aspectos geológicos, geomorfológicos, vegetação e pedologia (VALE JÚNIOR E SCHAEFER, 2010). Dentre os ecossistemas não florestais, as savanas encontradas em Roraima se constituem como as maiores áreas de savanas da Amazônia brasileira (BARBOSA et al., 2007).

### **1.5.3 Altitude**

A altitude dos campos da savana de Roraima está em torno de 80 a 150 metros. O mapeamento geomorfológico resultou na constatação de uma grande variedade de relevo, quanto aos seus tipos, origem e posição altimétrica. Assim, ocorrem relevos muito baixos na parte centro-sul e erguem-se, ao norte, planaltos que atingem quase 3.000 metros nas áreas de fronteira com a Venezuela (BRASIL, 1976; IBGE, 1992). O gradiente altimétrico, então, aumenta no sentido Sul-Norte em direção à área nuclear da savana.

O município de Mucajaí apresenta, nas proximidades, inúmeros relevos residuais topograficamente mais baixos, mas a altitude média é de cerca de 80 metros nas áreas de savana próximas do rio Mucajaí. Ao contrário, a cidade de Boa

Vista está na cota de 120 metros, enquanto a região mais ao norte (Igarapé do Truarú) pode alcançar 150 metros (BRASIL, 1976).

A altitude também exerce efeitos sobre o desenvolvimento e a produção de metabólitos secundários em plantas, apesar de existirem, relativamente, poucos estudos neste sentido. A correlação positiva, geralmente existente entre o conteúdo total de flavonóides e a altitude, despertando interesse particular, uma vez que estes são constituintes ativos de um grande número de plantas medicinais (ZIDORN; STUPPNER, 2001; POLLE et al., 1992; VEIT et al. 1996).

Esta correlação pode ser explicada pela maior susceptibilidade à radiação UV em altitudes maiores, uma vez que, conforme comentado anteriormente, os flavonoides são reconhecidos por propiciarem proteção à radiação e seus efeitos. Foi descrita, por exemplo, uma significativa correlação positiva entre a altitude do local de coleta (entre 30 e 2.950 m) de espécies do gênero *Leontodon* e o conteúdo total de flavonoides; em contraste, o conteúdo de ácidos fenólicos não mostrou variação altitudinal significativa (ZIDORN; STUPPNER, 2001).

Um maior conteúdo de compostos fenólicos em *Sedum album* (Crassulaceae) coletados em altitudes maiores (2.100 m) também foi relatado (BANCHEREAU; MARIGO; ASTA, 1998).

Por outro lado, estudo recente com *Swertia franchetiana* (Gentianaceae), que é a matéria-prima para a elaboração de um importante medicamento popular conhecido como DiDa no Tibet (utilizado no tratamento de uma série de doenças, como desordens do fígado) mostrou que, entre as altitudes de 2.200 e 3.960 metros, dentre os metabólitos secundários bioativos analisados, somente as concentrações das xantonas mangiferinas e 1,8-diidroxi-3,7-dimetóxi-xantona correlacionaram-se com a latitude, e apenas a última mostrou correlação negativa com a altitude (YANG et al., 2004).

Metabólitos não fenólicos também podem ser influenciados pela altitude. Uma comparação entre coletas de *Plantago lanceolata* efetuadas em altas e baixas altitudes revelou maiores concentrações do iridóide catalpol nas maiores altitudes. Por outro lado, o aumento de altitude leva ao decréscimo no conteúdo dos alcaloides diterpênicos de *Aconitum napellus* (Ranunculaceae) e piperidínicos de *Lobelia inflata* (Campanulaceae) e no de óleos voláteis de tomilho e hortelã pimenta. Já o conteúdo de piretrinas, substâncias utilizadas comercialmente como inseticidas em

*Chrysanthemum* (Asteraceae), é maior em altas altitudes e baixas latitudes (DARROW; BOWERS, 1997).

#### 1.5.4 Fatores edáficos

As plantas desenvolvem-se absorvendo água e minerais do solo e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) através das folhas, e elementos minerais são individualmente necessários. Fatores relacionados com a composição do solo estão diretamente ligados à atividade metabólica das plantas e à disponibilidade de nutriente como carbono (C), Hidrogênio (H), Sódio (Na), Potássio(K), Magnésio (Mg), Fósforo (P) além do pH.

O tipo de solo (Latosolo amarelo), encontrado sob a savana de Roraima, ocorre em áreas de relevo plano e suave. Segundo Vale Júnior e Schaefer (2010), têm características químicas de baixa fertilidade, com baixos níveis de cálcio e magnésio e níveis elevados de alumínio. Estas características estão relacionadas com a origem destes solos e as condições climáticas (tropical úmido da região).

Ainda consoante Vale Júnior e Schaefer (2010), existe a tendência destes solos possuírem baixos níveis de matéria orgânica, assim apresentando baixos índices de nitrogênio e fósforo. Segundo Martins, Alvarenga e Roque (1995), dentre todos os fatores que podem interferir nos princípios ativos de plantas, a nutrição é um dos que requerem maior atenção, pois o excesso ou a deficiência de nutrientes podem estar diretamente correlacionados à variação na produção de substâncias ativas. (MATTOS et al., 1996). Alguns exemplos destas variações já foram descritos, como, o déficit de nitrogênio pode provocar redução no teor de alcalóides em *Lobellia inflata* (Campanulaceae), sendo observada ação inversa para papoula, *Papaver somniferum* (Papaveraceae) e beladona, *Atropa belladonna* (Solanaceae), as quais apresentaram aumento no teor de morfina e atropina. O fósforo também contribui para o aumento da concentração de atropina, assim como do teor de óleos essenciais em coentro, *Coriandrum sativum* (Apiaceae) e funcho, *Foeniculum vulgare* (Apiaceae), porém o seu déficit no solo reduz a concentração de cumarinas em chambá, *Justicia pectoralis* var *stenophylla* (Acanthaceae), tendo como efeito mais prejudicial a redução na sua produção de fitomassa, gerando produção de fitomassa, gerando uma diminuição na produção global do princípio ativo. Corrêa-Júnior, Ming e Scheffer (1994) afirmam que a deficiência de magnésio pode causar

uma sensível diminuição na formação de princípios ativos de um modo geral, devido à diminuição da clorofila e, conseqüentemente, da taxa de fotossíntese. Avaliando a influência da nutrição mineral no rendimento e na composição do óleo essencial de *Ocimum basilicum* (Lamiaceae), *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae), *Anethum graveolens* L. (Apiaceae) e *Mentha piperita* L. (Lamiaceae), Hornok (1983) relatou a ocorrência de variações em função dos quatro níveis de NPK utilizados. Com o aumento do nível de fósforo houve um aumento no teor de óleo essencial de menta e manjeriço, e redução no teor de óleo essencial e de fitomassa de endro. O aumento dos níveis de nitrogênio também incrementou o óleo essencial da menta e do manjeriço, ocorrendo, porém, redução no percentual de mentol e linalol. Ainda em relação aos níveis de nitrogênio, o autor observou aumento na produção de biomassa verde de endro e coentro, mas não de sementes. Houve incremento nos teores de mentol *Mentha piperita* L. (Lamiaceae), linalol e estragol no manjeriço, *Ocimum basilicum* (Lamiaceae), à medida que os níveis de potássio foram elevados. De acordo com Paulus et al. (2008), plantas de menta japonesa *Mentha arvensis* (Lamiaceae) em cultivo hidropônico, submetidas a diferentes concentrações da solução nutritiva, apresentaram diferentes teores de mentol e mentona, compostos majoritários do óleo essencial. Isto demonstra que estes compostos são diretamente influenciados pela nutrição mineral. Prakasa Rao, Puttanna e Ramesh (2000) avaliaram o efeito de doses de nitrogênio (0; 50 e 100kg N/ha) no rendimento e na qualidade do óleo essencial de *Tagetes minuta* L. (Asteraceae) e concluíram que um maior rendimento de fitomassa aérea foi obtido com a maior dose de nitrogênio aplicada. No momento em que as plantas se encontravam em pleno florescimento, houve discreta redução na concentração do óleo essencial. Notou-se, ainda, aumento no percentual de cis- $\alpha$ -ocimeno, com o aumento da idade da planta em todos os tratamentos, sendo maior (26%) no tratamento sem aplicação de nitrogênio nas plantas que se encontravam em fase de produção de sementes mais velhas. Houve diferença significativa, para a composição do óleo, apenas quando as plantas se encontravam no início da floração, sendo a maior dose de dihidrotagetona (33,6%) observada no tratamento com ausência de nitrogênio, e a maior concentração de cis- $\alpha$ -ocimeno (8,5%) observada na maior dose de nitrogênio aplicada.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar o efeito das condicionantes ambientais na constituição química e na atividade antioxidante de óleos essenciais de folhas da *Xylopiaromatica* (Annonaceae).

#### 2.1.1 Objetivos Específicos

- Determinar a composição química do óleo essencial de folhas da *Xylopiaromatica* (Annonaceae) durante 12 meses;
- Determinar a atividades antioxidantes das amostras;
- Identificar o efeito da sazonalidade na composição dos óleos essenciais;
- Verificar o efeito das determinantes ambientais sobre a composição química e o rendimento do óleo essencial

### 3. METODOLOGIA

O modelo de estudo foi do tipo experimental e prospectivo, oportunizando a caracterização dos componentes químicos, atividades biológicas e relação entre fatores ambientais e a composição do óleo essencial.

#### 3.1 AMOSTRAGENS

Foram escolhidas três localidades amostrais na savana de Roraima com diferenças na altitude, utilizando o critério de ocorrência e aleatoriedade dos indivíduos de *Xylopia aromatica* (Annonaceae).

Os indivíduos selecionados estavam situados próximo à BR 174, ao Sul do município de Boa Vista (52 km), ao Norte, na região do Truarú (50 km). Os outros indivíduos foram selecionados na grade do PPbio no campus Cauamé da Universidade Federal de Roraima. Em cada localidade foram escolhidos três exemplares da espécie. Todos os nove indivíduos foram identificados, georreferenciados e numerados sequencialmente entre 1 a 9 (Tabela 1).

De todos os indivíduos foram elaboradas exsiccatas que foram depositadas no Herbário do Centro de Estudos da Biodiversidade da UFRR e identificados pelo Dr. Rodrigo Schütz Rodrigues.

Tabela1 – Codificação, tombo e localização dos indivíduos estudados.

Indivíduo	Código	Tombo herbário	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	Sul -1	UFRR8645	N. 020 320 26.9 2.540806	W. 0600 52' 18.2 -60.871722	64
2	Sul -2	UFRR8646	N. 020 320 26.7 2.540750	W. 0600 52' 18.9 -60.871917	66
3	Sul -3	UFRR8647	N. 020 320 25.2 2.540333	W. 0600 52' 18.9 -60.871917	68

					continua
4	CCA-4	UFRR8648	N. 020 510 59.1 2.866417	W. 0600 43' 01.2 -60.717000	74
5	CCA 5	UFRR8649	N. 020 510 55.7 2.865472	W. 0600 43' 01.6 -60.717111	78
6	CCA 6	UFRR8650	N. 020 510 51.1 2.864194	W. 0600 43' 02.9 -60.717472	76
7	Norte-7	UFRR8651	N. 030 120 28.8 3.207930	W. 0600 50' 12.5 -60.836796	106
8	Norte-8	UFRR8652	N. 030 160 17.0 3.271389	W. 0600 50' 48.1 -60.846694	104
9	Norte-9	UFRR8653	N. 030 160 16.5 3.271250	W. 0600 50' 48.3 -60.846750	104

### 3.2 COLETA DE FOLHAS

As amostras de folhas de *Xylopia aromatica* (Annonaceae) de cada um dos 9 indivíduos foram coletadas em parcelas de material foliar saudável, em todo o entorno do exemplar das espécies, visando a homogeneização das amostras. Posteriormente, todas as amostras foram transportadas em recipiente térmico de capacidade 5,0 L, contendo gelo reciclável de forma a manter o material fresco até o início da etapa de extração do óleo.

As coletas foram realizadas através da licença de coleta emitida pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO, registro nº 47.017-2 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

As coletas foram realizadas mensalmente entre julho de 2015 a junho de 2016, conforme o roteiro demonstrado na tabela 2.

Tabela 2 - Roteiro de coletas.

Mês	Dia/Sul	Dia/ CCA	Dia/ Norte	Intervalo em dias
07/2015	06	07	08	0
08/2015	11	12	13	32
09/2015	09	10	11	28
10/2015	12	13	14	33
11/2015	10	11	12	28
12/2015	08	09	10	28
01/2016	06	07	08	28
02/2016	03	04	05	27
03/2016	02	03	04	29
04/2016	04	05	06	32
05/2016	04	05	06	30
06/2016	07	08	09	33

### 3.3 COLETA DE DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos foram coletados mensalmente da seguinte forma: índice de precipitação a partir dos dados disponíveis no banco de dados das estações automáticas do INMET, sendo resgatados os dados dos acumulados dos 30 dias anteriores à coleta. Os dados de insolação foram coletados mensalmente em cada local de coleta utilizando o equipamento solarímetro SL-100 da marca Kimo®.

A temperatura foi verificada mensalmente, em cada local de coleta utilizando um termômetro Incoterm®. *Xylopia aromatica* (Annonaceae). Os dados foram plotados em planilhas para que possam ser avaliados pelo tratamento estatístico adequado, fazendo parte da matriz ambiental.

### 3.4 EXTRAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL

As folhas de *Xylopia aromatica* (Annonaceae) de cada indivíduo e local foram submetidas à extração separadamente e previamente foram cortadas em pedaços para facilitar a extração e obtenção dos óleos por hidrodestilação seguindo a Farmacopeia Brasileira (BRASIL, 2010).

Para a extração do óleo essencial foram utilizados 100 gramas de biomassa foliar fresca, coletadas e conservadas até a manipulação analítica. O material foliar foi colocado em balão de fundo redondo, adicionada água destilada e o balão foi, então, acoplado ao aparelho de Clevenger, sobre a manta de aquecimento, ocorrendo a extração por três horas de ebulição.

O hidrolato foi removido com o auxílio de uma pipeta Pasteur, sendo o óleo essencial seco com sulfato de magnésio anidro conforme Santos (2011). Em seguida o solvente foi evaporado com auxílio de gás nitrogênio. Foram obtidas as massas para cálculo de rendimento. Os rendimentos foram calculados com base na relação entre volume e peso e expressos em porcentagem (%). Foram então pesados 10 µg de cada óleo obtido e solubilizado em acetato de etila marca cromoline P.M88,11 previamente bidestilado e colocado em frasco vial marca shimadzu.co.

### 3.5 ANÁLISES DO ÓLEO ESSENCIAL

As amostras foram dissolvidas na proporção de 10 mg óleo em 1 mL de solvente hexano, e injetadas em injetor split em cromatógrafo a gás da marca Shimadzu, modelo GC2010 acoplado a um detector de massas modelo QP2110 Plus do mesmo fabricante. As amostras foram acompanhadas mensalmente por injeção em CG-DIC utilizando um cromatógrafo a gás da marca Shimadzu, modelo GC2010, acoplado a um detector de ionização por chama. Os espectros de massas foram analisados e os índices de retenção tiveram seus valores comparados com os valores da literatura disponível.

### 3.5.1 Parâmetros analíticos usados para a análise por CG-EM

O equipamento foi operado a 70 eV, utilizou coluna capilar de sílica fundida Rtx-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu\text{m}$ ). Como gás de arraste foi empregado o hélio, na vazão de 13,2 mL/min. As injeções das amostras foram da ordem de 1,0  $\mu\text{L}$ . Para análise foram empregadas as seguintes condições:

Programa: 60°C-280°C (3°C/min<sup>-1</sup>), temperatura da interface: 280°C, temperatura da fonte de íons: 260°C, temperatura do forno: 60 °C, por 2 min, temperatura do injetor: 220°C e variação de temperatura de 4 °C/min até 220 °C, 220 °C por 10,5 min, modo de injeção: split (20:1) com purga de 2 mL/min<sup>-1</sup>, modo de controle de fluxo em velocidade linear, pressão do gás em 58,8 kPa, fluxo de gás de araste: 1,02 mL/min<sup>-1</sup>, velocidade linear a 36,8 cm/seg, fluxo de purga a 2,0 mL/min e split ratio em 10,0 com tempo total de análise 83 min.

### 3.5.2 Parâmetros analíticos usados para a análise por CG-DIC

O equipamento utilizou coluna capilar de sílica fundida Rtx-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu\text{m}$ ). Como gás de arraste foi empregado o hidrogênio, na vazão de 13,2 mL/min. As injeções utilizaram um auto injetor AOC 20i+s com volume de injeção: 1,0  $\mu\text{L}$ , 03 limpezas previas e 5 limpezas após a injeção e as condições de análise foram:

Injetor no modo Split, temperatura do injetor: 220 °C, modo de controle de fluxo pela velocidade, pressão a 46,5 kPa, fluxo total de 55,0 mL/min, fluxo na coluna em 1,02 mL/min, velocidade linear a 31,2 cm/seg, fluxo de purga 3,0 mL/min, split Ratio em 50,0. Temperatura Inicial 60 °C, tempo de equilíbrio em 1,0 min, temperatura do detector em 310 °C, sampling Ratio em 40 mL/seg, make-up flow em 30 mL/min, fluxo de Hidrogênio 400,0 mL/min. Programa: 60°C-310°C (3°C/min<sup>-1</sup>), temperatura da interface: 280°C, temperatura da fonte de íons: 260 °C, temperatura do forno: 60 °C, por 2 min, temperatura do injetor: 220°C e variação de temperatura de 4 °C/min até 220 °C, 220 °C por 10,5 min, modo de injeção: split (20:1) com purga de 2 mL/min<sup>-1</sup>, modo de controle de fluxo em velocidade linear, pressão do gás em 58,8 kPa, fluxo de gás de araste: 1,02 mL/min<sup>-1</sup>, velocidade Linear a 36,8 cm/seg, e fluxo de purga a 2,0 mL/min, split ratio em 10,0 com tempo total de análise 83 min.

As análises por cromatografia a gás acoplada a espectrometria de massas (CG-EM) e CG-DIC foram realizadas no Laboratório de Cromatografia do Núcleo de Pesquisas Energéticas da Universidade Federal de Roraima (NUPENERG).

### 3.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO

A identificação dos compostos presentes nos óleos essenciais foi realizada através de índice de Kovats (IK), comparação dos seus respectivos espectros de massas com as bibliotecas Wiley 8 e Flavour and Fragrance Natural and Synthetic Compounds (FFNSC, versão 1.2) disponíveis no software do equipamento com dados da literatura disponível (ADAMS, 2007). O IK foi calculado por meio da relação dos tempos de retenção (tr) de uma série homóloga de hidrocarbonetos como padrão (C7-C30), submetidos às mesmas condições de análise das amostras tanto para CG-EM quanto para CG-DIC.

### 3.7 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

A partir dos óleos essenciais, foram também realizados teste para esta atividade biológica por métodos diferentes a saber: Ensaio do sequestro do radical livre DPPH e o da co-oxidação do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.

#### 3.7.1 Avaliação da atividade antioxidante por DPPH

A capacidade de sequestro do radical livre pode ser medida utilizando metodologia descrita por Mensor et al. (2001), adaptada por Pontis et al. (2014), através do 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH)

Os valores de IC<sub>50</sub> foram calculados por regressão linear utilizando os programas estatísticos BioEstat 5.3 e Past 4.0

Foram preparadas soluções de DPPH e soluções com a substância teste e padrões. As atividades antioxidantes das substâncias testadas foram comparadas

com as dos padrões: quercetina, BHT (2,6-*terc*-butil-1-hidroxi-tolueno) e o declínio da concentração do radical foi monitorado por espectrofotometria em filtro 517 nm, monitorando-se o consumo do radical livre DPPH<sup>•</sup> pelas amostras, através da medida do decréscimo da absorvância de soluções de diferentes concentrações (BRAND-WILLIAMS; CUVELIER; BERSET, 1995).

O controle foi constituído de 1,5 mL de DPPH<sup>•</sup> e metanol até completar o volume de 5 mL. Após 40 minutos de reação ao abrigo da luz, as absorvâncias das soluções amostra, branco e controle foram medidas em espectrofotômetro a 517nm. Com os resultados adquiridos no ensaio foram realizados os cálculos do percentual de atividade antioxidante (%AA) de cada ponto, por meio da fórmula abaixo:

$$\%AA = 100 - [(Abs amostra - Abs branco) \times 100] / Abs controle$$

As análises foram realizadas em triplicata e os valores de IC50, definidos como concentração de antioxidante requerida para sequestrar 50% dos radicais DPPH<sup>•</sup>, foram calculados a partir da regressão linear dos gráficos (software Origin 6.0) em que o eixo das abscissas representou a concentração dos óleos e o eixo das ordenadas, a atividade antioxidante (%).

Foram realizadas para todas as amostras de óleo essencial diluições de 5, 10, 20, 25 e 40 mg/mL com o intuito de triar a diluição com a menor concentração que apresentasse atividade.

### **3.7.2 Auto oxidação do sistema $\beta$ -caroteno/ácido linoleico**

A capacidade do óleo essencial de foi avaliada de acordo com a metodologia descrita por Emmons, Peterson e Paul (1999), com algumas adaptações propostas por (ROCKENBACH et al., 2008). Foi preparada solução de  $\beta$ -caroteno (40 mg/mL). Em um erlenmeyere adicionada uma alíquota de 40  $\mu$ L de ácido linoleico, 265  $\mu$ L de Tween 40, 50  $\mu$ L de solução  $\beta$ -caroteno (10 mg/mL) e 1 mL de clorofórmio.

Em seguida, o clorofórmio foi removido com a utilização de uma corrente de gás nitrogênio e o resíduo obtido foi redissolvido em, aproximadamente, 150 mL de água aerada. A emulsão formada (sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico) se apresentou límpida e sua absorvância foi ajustada entre 0,7 a 0,6 nm a 470 nm.

Em tubos de ensaio, a alíquota de cada óleo foi misturada com 5 mL da emulsão  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, homogeneizado em agitador e mantidos em banho-maria a 40°C. A oxidação da emulsão foi monitorada em espectrofotômetro a 470 nm, no tempo inicial (2 minutos após a adição das soluções no banho-maria) e em intervalos de 15 minutos durante 2 horas, ao abrigo de luz. Para a amostra controle foi utilizada a emulsão  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico (sem antioxidante) e como controle positivo foi utilizado o padrão BHT a 10 mg/mL, Trolox (1 mg/mL) e quercetina (1 mg/mL). A atividade antioxidante (AA) foi expressa como percentual de inibição relativa comparada ao controle depois de 120 minutos.

### 3.8 ANÁLISE DO SOLO

As amostras de solo foram coletadas nos três locais de ocorrência de *X. aromatica* próximo a cada planta da amostragem e, posteriormente, foram enviadas para análise em intercâmbio com o laboratório de análise de solos do departamento de solos da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas onde foram realizadas análises da textura (% de areia, silte e argila), fertilidade (macro e micronutriente) e acidez (pH)(anexos 1 e 2).

### 3.9 ANÁLISE DE DADOS

Os dados foram analisados a partir do uso de técnicas multivariadas. A análise multivariada permite abordar mais de uma variável simultaneamente e identificar a existência ou não de correlações entre elas. Este tipo de abordagem permite um entendimento mais completo e sistematizado dos resultados analíticos e possibilitando determinar padrões de comportamento. Assim sendo, foram estabelecidas duas matrizes com dados: a primeira contendo os dados obtidos da composição do óleo essencial de cada indivíduo pelo período inteiro de análises que foi denominada matriz de composição (Apêndice 1). A segunda, contendo os dados ambientais denominada matriz ambiental (Apêndice 2), a partir das quais foi possível

extrair os dados para a realização da análise dos componentes principais (PCA, ou ACP em português). Esta técnica possui como objetivo projetar o conjunto de dados em um número menor de variáveis chamadas de componentes principais (CP). Com este pequeno número de variáveis, este conjunto passa a ser representado por duas matrizes distintas e complementares: scores e loadings. O gráfico de scores fornece informações sobre as amostras, em que se observa a formação de aglomerados e amostras discrepantes. Através dos loadings (gráficos) se identifica as variáveis mais importantes para a caracterização da amostra. Com estas duas informações, é possível fazer a seleção de variáveis, a fim de identificar as características específicas para um determinado grupo de amostras (WOLD et al., 1984).

A análise hierárquica de agrupamentos permite exibir os dados em um gráfico bidimensional, de maneira a enfatizar os seus agrupamentos e padrões naturais. As variáveis mais similares são agrupadas em primeiro lugar, e mesclados de acordo com as suas semelhanças. A fusão de agrupamentos pode ser realizada considerando-se diferentes critérios de ligação, dentre os quais os mais utilizados são a ligação simples ou euclidiana (distância mínima ou vizinho mais próximo), a ligação completa (máximo de distância ou vizinho mais distante) e a ligação média (distância média). A distância entre os objetos (amostras ou variáveis) indica a similaridade de suas propriedades e desta forma, quanto mais próximos estiverem os pontos no plano amostral, mais similares serão. Os resultados são então apresentados na forma de um gráfico chamado dendograma (FERREIRA et al., 2008).

Todos os resultados pontuais foram montados na forma matricial, onde as linhas representavam os dias de coleta por localidade, mês e indivíduo, enquanto as colunas representavam a composição centesimal dos elementos químicos extraídos das folhas. Para determinar a presença de possíveis agrupamentos que representassem padrões de distribuição temporal foi aplicada uma análise de componentes principais (ACP), usando o princípio da Correlação entre os fatores para gerar a matriz de produtos cruzados. O objetivo desta análise foi reduzir dimensões (eixos) e direcionar as respostas para uma simplificação de três eixos que representam de melhor forma a variação entre as observações.

Esta análise foi realizada sob três presunções: (i) todos os resultados individuais foram utilizados como observações independentes nas linhas da matriz (testar a existência de agrupamentos, independente do mês de coleta, da localidade

ou do indivíduo); (ii) os resultados foram resumidos de forma independente por mês de coleta, sendo aplicada a média simples entre os três indivíduos de cada localidade (testar o padrão temporal, se compostos químicos variam ao longo do tempo em função do mês de coleta); (iii) os resultados composicionais foram inseridos na matriz, levando em consideração o resultado geral de cada indivíduo ao longo dos 12 meses de observações (testar o padrão de distinção entre indivíduos associados com a localidade). Nas presunções (ii) e (iii), o eixo de maior significância (Eixo I) foi cruzado com possíveis variáveis explicativas edáficas (textura e fertilidade) e climáticas (precipitação, insolação e temperatura).

Os resultados das três análises são apresentados na forma de gráficos bi-dimensionais e de dendogramas de dupla entrada (two-way cluster analysis), onde grupos da variável dependente (composição centesimal) se associam com grupos de variáveis independentes (data da coleta, local de coleta e indivíduo coletado).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 RESULTADOS

#### 4.1.1 Rendimento

Foram obtidas cento e oito amostras de óleos essenciais de *Xylopia aromatica* (Annonaceae) coletadas em três áreas de savana de Roraima (Apêndice 2), de onde obteve-se um rendimento médio geral de 0,35% (Tabela 3). O resultado médio de maior rendimento foi associado aos indivíduos CCA-04 (0,84%) e CCA-05 (0,81%), enquanto os indivíduos Norte-08 (0,11%) e Norte-09 (0,14%)(Tabela 4).

Tabela 3- Rendimento de óleo % por indivíduo ao longo de 12 meses.

Amostra	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abril	Mai	Jun.	Média
Sul -1	0,76	0,02	0,08	0,23	0,5	1,35	0,16	0,9	1,13	0,27	0,66	0,69	0,56
Sul -2	0,44	0,36	0,09	0,41	0,09	0,15	0,20	0,13	0,24	0,15	0,12	0,07	0,20
Sul -3	0,11	0,06	0,57	0,24	0,18	0,28	0,18	0,24	0,23	0,23	0,11	0,20	0,22
Cca-4	0,25	0,55	0,55	0,90	1,58	1,12	0,53	1,11	0,36	1,19	0,77	1,17	0,84
Cca-5	0,61	0,78	0,56	0,33	1,29	0,81	0,52	0,97	1,03	1,14	0,78	0,93	0,81
Cca-6	0,31	0,25	0,25	0,25	0,09	0,24	0,21	0,32	0,30	0,19	0,23	0,02	0,22
Norte-7	0,08	0,13	0,06	0,03	0,09	0,20	0,12	0,21	0,22	0,16	0,03	0,10	0,12
Norte-8	0,13	0,19	0,03	0,10	0,06	0,15	0,14	0,11	0,15	0,13	0,05	0,06	0,11
Norte-9	0,02	0,24	0,11	0,05	0,04	0,12	0,13	0,22	0,05	0,58	0,04	0,03	0,14
Média	0,30	0,28	0,25	0,28	0,43	0,49	0,24	0,46	0,41	0,44	0,31	0,36	0,35

#### 4.1.2 Caracterização dos óleos essenciais

Neste estudo foram detectados trinta e sete compostos, sendo, trinta e um, identificados e seis não identificados. Observadas todas as amostras dos nove indivíduos (Apêndice 1). Vinte e seis compostos são inéditos para óleo essencial de

folhas de *Xylopia aromatica* (Annonaceae) e treze já foram identificados em outros estudos (Quadro 1).

Quadro 2 - Composição do óleo essencial de folhas de *Xylopia aromatica* (Annonaceae).

Componente	IRc	IRI	Componente	IRc	IRI
sabineno <sup>1,2</sup>	980	973	biciclogermacreno <sup>1,2</sup>	1497	1500
$\beta$ -pineno <sup>1,2</sup>	983	979	$\gamma$ -cadineno	1510	1514
mirreno <sup>1,2</sup>	993	990	$\delta$ -cadineno*	1527	1523
$\alpha$ -felandreno	1003	1005	nerolidol	1533	1533
$\alpha$ -terpineno	1018	1017	germacreno B <sup>1,2</sup>	1556	1561
<i>p</i> -cimeno	1023	1025	espatuleno <sup>1,2</sup>	1561	1578
$\beta$ -felandreno	1028	1030	viridiflorol	1597	1593
3- $\delta$ -careno	1031	1031	guaiol	1601	1601
(Z) $\beta$ - ocimeno <sup>1,2</sup>	1037	1035	$\alpha$ -muurolol	1646	1646
(E) $\beta$ -ocimeno <sup>1,2</sup>	1046	1050	$\alpha$ -acorenol	1655	1653
$\gamma$ -terpineno	1058	1060	$\beta$ -eudesmol	1655	1651
<i>trans</i> - $\beta$ - terpineol	1163	1163	n.i 32	1654	-
$\delta$ -elemeno <sup>2</sup>	1348	1338	liral	1654	1667
$\alpha$ -copaeno <sup>2</sup>	1374	1377	bulsenol	1684	1672
$\beta$ -cariofileno <sup>2</sup>	1418	1419	n.i 35	1743	-
aromadendreno <sup>2</sup>	1450	1441	n.i 37	1745	-
$\gamma$ -gurjuneno	1477	1476	n.i 39	1767	-
germacreno D <sup>1,2</sup>	1485	1485	n.i 41	1844	-

				continua	
$\gamma$ -amorfenos	1496	1497	n.i 43	1908	-

<sup>1</sup> = componente identificado também por Lago et al (2003)

<sup>2</sup> = componente identificado também por Maia et al (2005)

IRc= índice de retenção calculado

IRI = índice de retenção da literatura (Adams, 2007)

n.i = não identificado

#### 4.1.3 Compostos majoritários

Os compostos majoritários ao longo de todo o período amostral foram:  $\beta$ -felandreno (37,5% na média de todos os indivíduos), biciclogermacreno (15,9%), identificados em outros trabalhos, e viridiflorol (5,1%), composto inédito para óleo essencial de folhas de *X. aromática* (Tabela 4). Dentre os compostos, não identificados, dois deles (ni-39 e ni-43) foram majoritários em períodos específicos da amostragem e em alguns indivíduos (Apêndice 1).

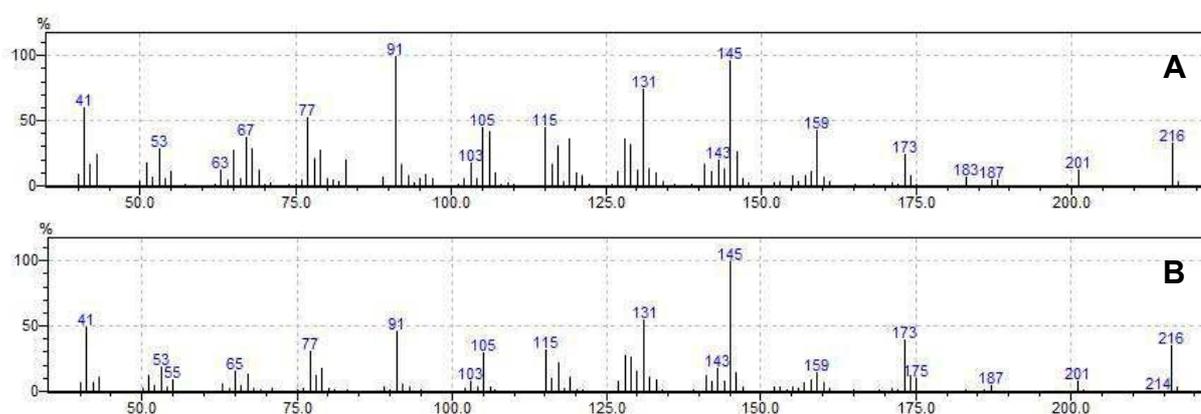
Tabela 4– Percentuais (% media  $\pm$ DP) dos constituintes majoritários em todos os indivíduos.

Composto	$\beta$ -felandreno	biciclogermacreno	viridiflorol	ni-39	ni-43
Sul-1	18,65	23,82	2,21	28,13	7,20
Sul-2	48,00	13,66	2,87	6,62	3,27
Sul-3	51,04	8,79	5,61	2,58	1,12
CCA-4	0,56	23,16	0,82	44,88	18,53
CCA-5	1,91	26,15	2,16	38,46	9,58
CCA-6	57,29	12,96	7,15	0,00	0,00
Norte-7	50,57	17,58	7,90	0,52	0,27

	continua				
Norte-8	62,57	6,57	6,66	0,05	0,00
Norte-9	47,31	10,75	11,06	0,00	0,00
Media±	37,54±	15,93±	5,15±	13,46±	4,44±
DP*	26,54	11,06	4,67	20,58	7,38

Os dois compostos majoritários não identificados (ni-39 e ni-43) são sugeridos como sesquiterpenos oxigenados e isômeros, constatados pela análise do espectro de massas (Figura 7 A, B). Estes não puderam ser identificados em literatura pelos índices de retenção, nem por seus espectros de massas.

Figura 7 – Espectros de massas dos compostos majoritários não identificados: (A) ni-39 e (B) ni-43.



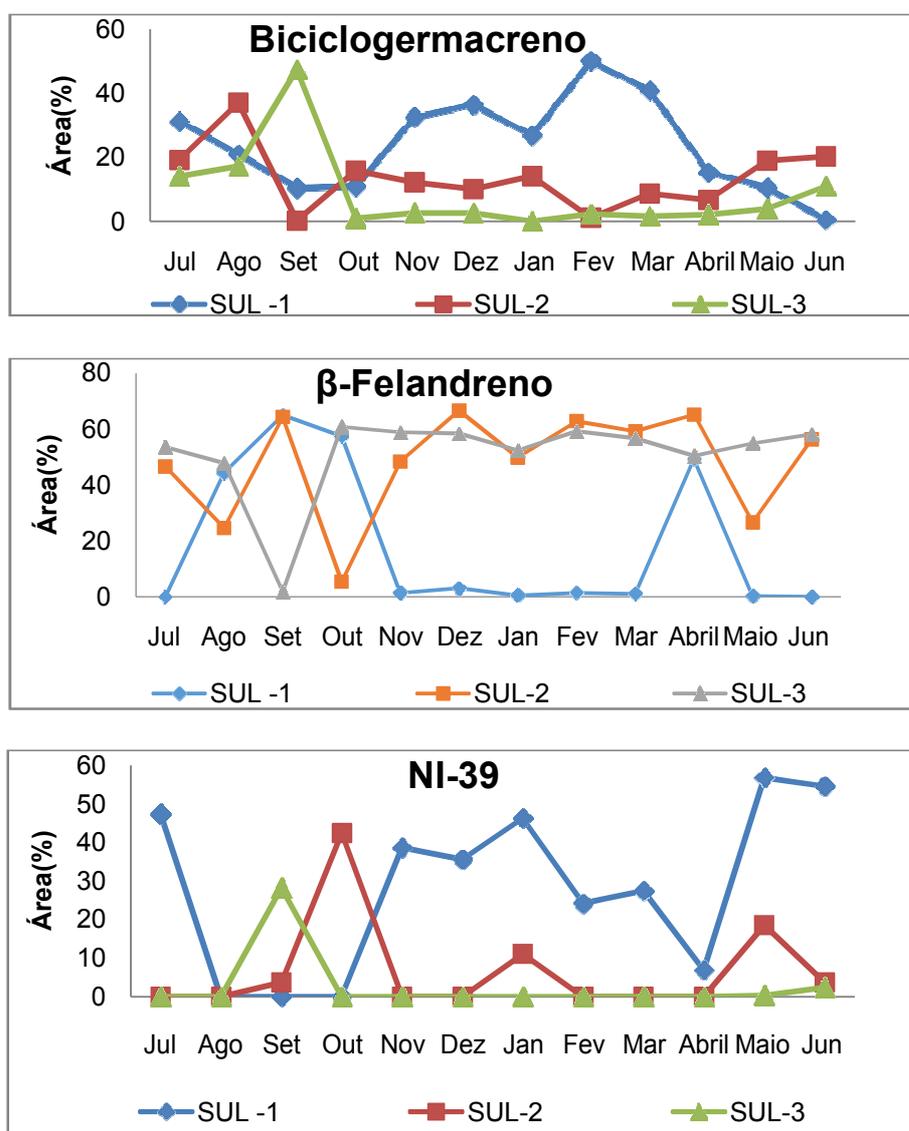
#### 4.1.1 Variabilidade temporal dos compostos majoritários por localidade

##### 4.1.1.1 Localidade sul

Os compostos majoritários predominantes na localidade sul foram  $\beta$ -felandreno, biciclogermacreno e ni-39 (Figura 8). Quanto ao  $\beta$ -felandreno os indivíduos Sul-2 e Sul-3 apresentaram altas concentrações ao longo de todo o período seco (Nov-Mar), em contraponto ao indivíduo Sul-1, que apresentou baixas concentrações em alguns meses.

Quanto ao biciclogermacreno, o indivíduo Sul-1 apresentou altas concentrações ao longo de todo o período seco, já os indivíduos Sul-2 e Sul-3, apresentaram baixas concentrações. Quando verificados os valores do composto ni-39, este se apresenta em altas concentrações no indivíduo Sul-1 durante o período seco, já os indivíduos Sul-2 e Sul-3, apresentaram baixas concentrações.

Figura 8 - Compostos majoritarios localidade Sul.



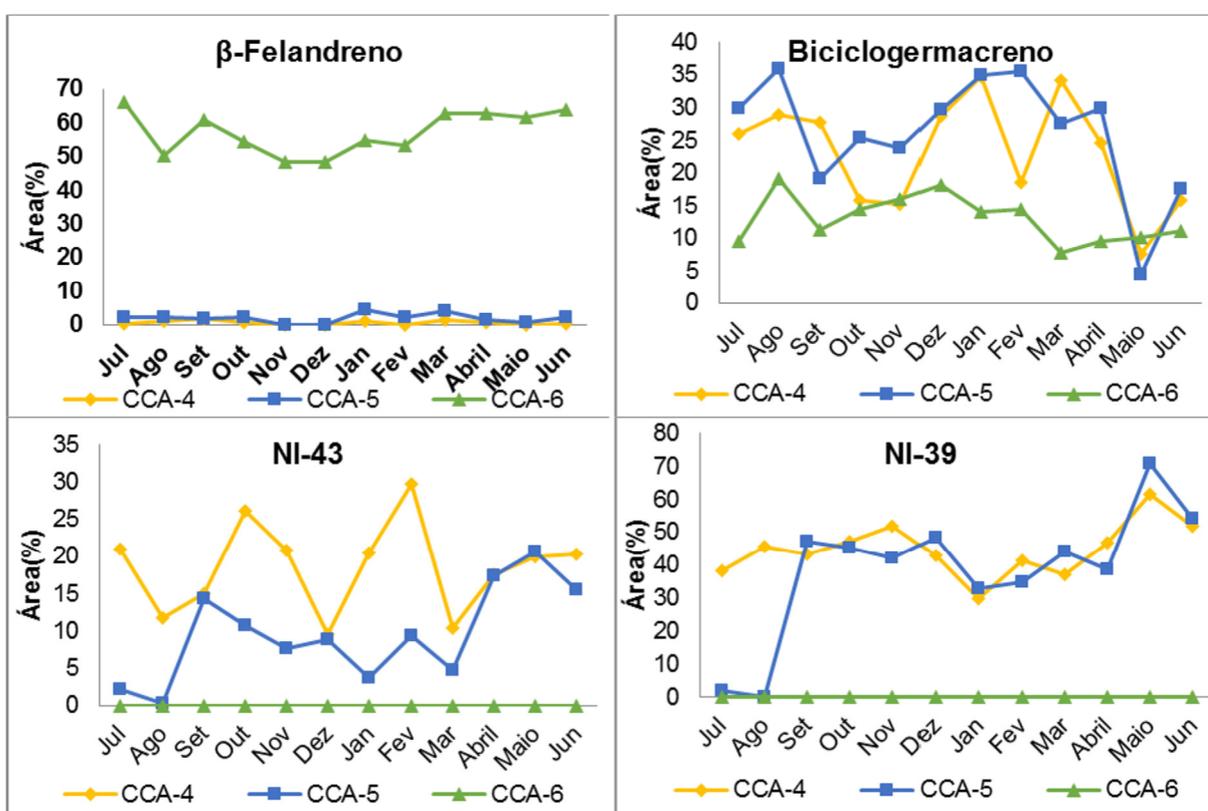
#### 4.1.1.2 Localidade CCA

Os compostos majoritários predominantes na localidade CCA foram  $\beta$ -felandreno, biciclogermacreno, ni-39 e ni-43 (Figura 9).

Quanto ao  $\beta$ -felandreno comparando os indivíduos, verifica-se que os indivíduos CCA-4 e CCA-5 apresentaram baixas concentrações ao longo de todo o período de estudo, em contraponto ao indivíduo CCA-6, que apresentou altas concentrações. Este comportamento é inverso para o biciclogermacreno onde os indivíduos CCA-4 e CCA-5 apresentaram as maiores concentrações, enquanto que ao indivíduo CCA-6 apresentou concentrações menores, exceto no mês de maio de 2016.

Quando verificados os valores dos compostos ni-39 e ni-43, os indivíduos CCA-4 e CCA-5 apresentaram as maiores concentrações durante todo o estudo, em contraponto, o indivíduo CCA-6 que apresentou onde não foram identificados em nenhuma amostra.

Figura 9 - Compostos majoritários localidade CCA.



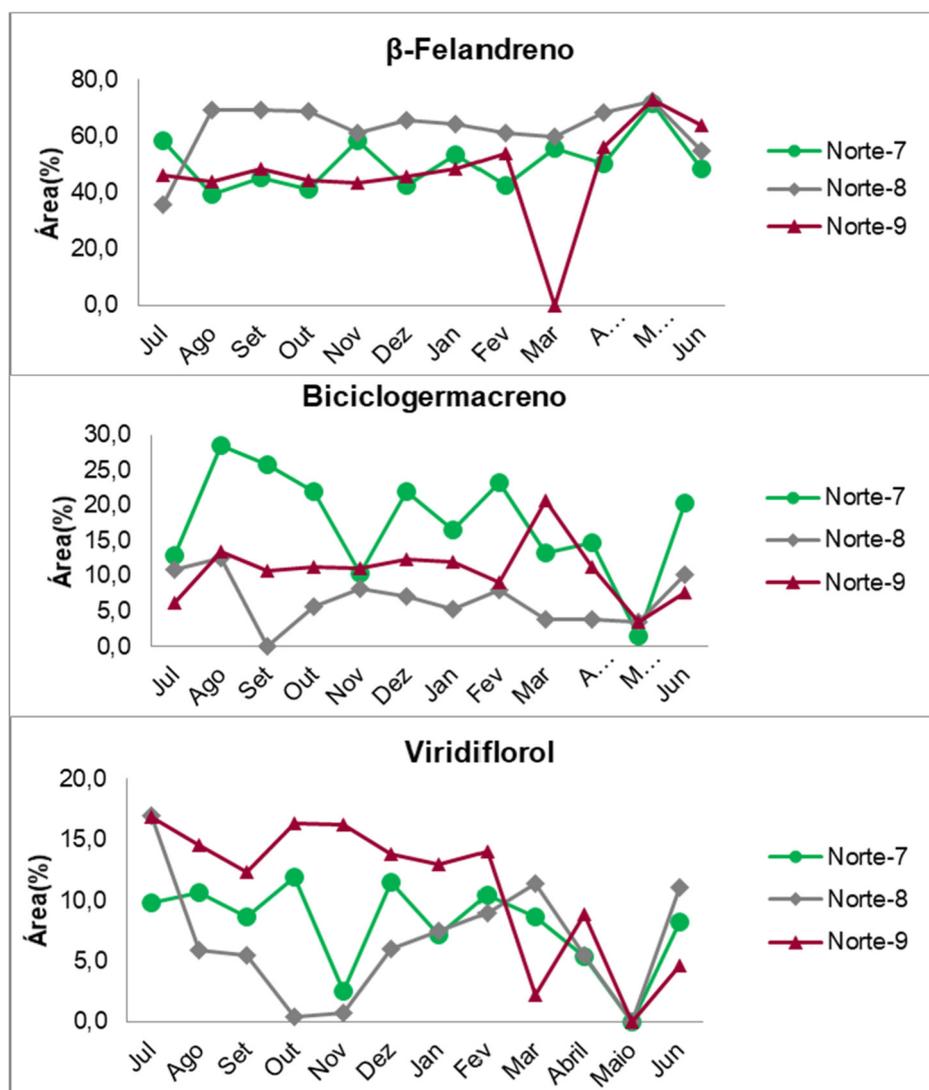
#### 4.1.1.3 Localidade Norte

Os compostos majoritários predominantes na localidade Norte foram  $\beta$ -felandreno, biciclogermacreno, viridiflorol (Figura 10).

Quanto ao  $\beta$ -felandreno, apenas no mês de março, este composto apresentou brusca queda de concentrações e apenas no indivíduo Norte-9. Quanto ao biciclogermacreno o indivíduo Norte-7 apresentou as maiores concentrações durante todo o período de estudo.

Quanto ao composto viridiflorol o indivíduo Norte-7 também apresentou as maiores concentrações por quase todo o período de estudo, tendo queda de concentração em março e maio.

Figura 10 - Compostos majoritários localidade Norte.



#### 4.1.2 Atividade antioxidante do óleo essencial

A atividade antioxidante foi determinada pelo método de captura do radical livre DPPH e do sistema  $\alpha$ -caroteno/ácido linoleico.

##### 4.1.2.1 Resultados pelo DPPH

Os resultados de  $IC_{50}$  das amostras (Tabela 5) apresenta a amostra CCA-06 com a melhor atividade antioxidante por este método por apresentar menor  $IC_{50}$ . Em contrapartida a amostra NORTE-7 apresentou menor potencial antioxidante por este método devido aos resultados apresentarem o maior  $IC_{50}$ . Para complementar os resultados das atividades antioxidantes, foi utilizada a metodologia do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico descritos a seguir.

Tabela5- Atividade antioxidante expressa em  $IC_{50}$ ( $\mu$ g/mL), (média e DP) de três meses de ensaios pelo método DPPH de todas as amostras

	Sul-1	Sul -2	Sul -3	CCA-4	CCA-5	CCA-6	Norte-7	Norte-8	Norte-9
jul	0,526	0,676	0,531	0,57	0,526	0,521	0,876	0,661	0,752
ago	0,552	0,675	0,52	0,562	0,516	0,501	0,859	0,652	0,652
set	0,444	0,676	0,542	0,584	0,506	0,511	0,839	0,660	0,522
Média	0,507	0,676	0,531	0,572	0,516	0,511	0,858	0,658	0,642
DP	0,056	0,001	0,011	0,011	0,010	0,010	0,019	0,005	0,115

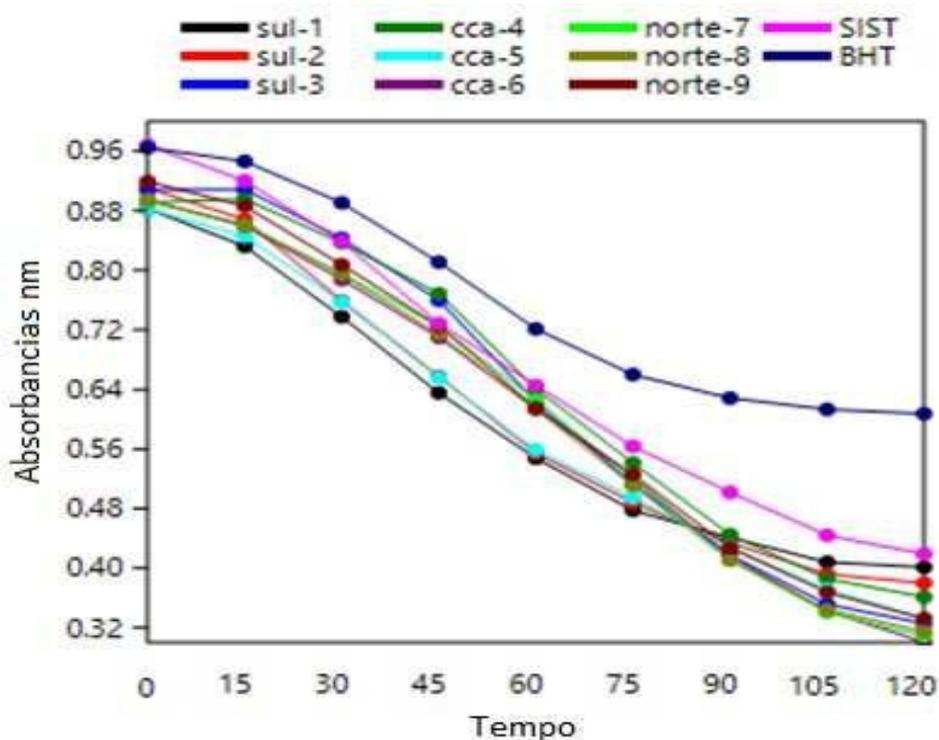
##### 4.1.2.2 Resultados pelo $\beta$ -caroteno/ácido linoleico

Os valores das absorbâncias (Tabela 6) das amostras foram superiores aos valores do monitoramento do sistema, sendo compatíveis com a indução da oxidação. Para demonstrar este efeito a figura a seguir (Figura 11) apresenta a curva das absorbâncias.

Tabela 6- Absorbâncias medias (nm)três meses pelo tempo (minutos) na avaliação da atividade antioxidante pelo método  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.

Amostras											
Tempo	sul-1	sul-2	sul-3	cca-4	cca-5	cca-6	norte-7	norte-8	norte-9	SIST	BHT
0	0,915	0,940	0,928	0,906	0,905	0,916	0,913	0,910	0,938	0,683	0,975
15	0,819	0,852	0,868	0,862	0,838	0,852	0,856	0,860	0,882	0,668	0,944
30	0,763	0,813	0,930	0,919	0,794	0,810	0,813	0,815	0,839	0,640	0,920
45	0,631	0,612	0,731	0,730	0,641	0,701	0,718	0,707	0,702	0,612	0,808
60	0,512	0,548	0,618	0,657	0,533	0,619	0,644	0,621	0,635	0,601	0,705
75	0,500	0,503	0,521	0,536	0,502	0,521	0,516	0,512	0,508	0,583	0,651
90	0,421	0,413	0,401	0,431	0,448	0,426	0,401	0,400	0,435	0,515	0,624
105	0,402	0,386	0,331	0,368	0,335	0,302	0,316	0,321	0,339	0,510	0,610
120	0,401	0,377	0,323	0,358	0,331	0,300	0,306	0,312	0,329	0,505	0,606

Figura 11 – Monitoramento das absorbâncias das amostras pelo método  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.



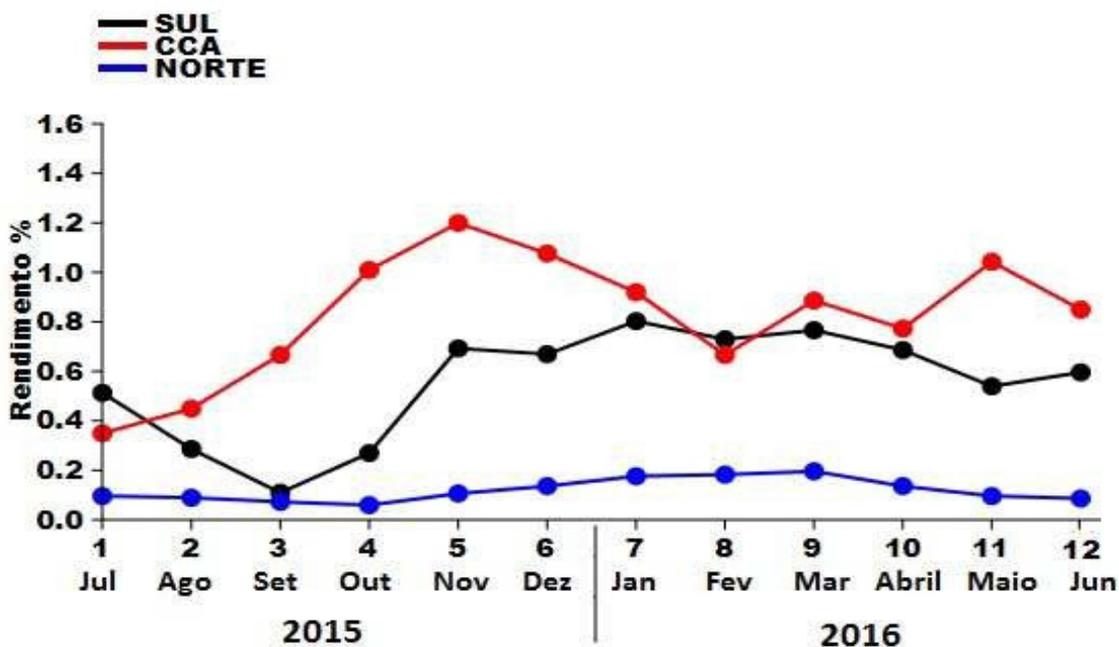
Devido à baixa atividade antioxidante representada pelas amostras de *X. aromatica* realizadas e a quantidade de óleo necessária para sua realização, estes testes foram suprimidos a partir da terceira coleta.

## 4.2 PADRÕES DE VARIAÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL

### 4.2.1 Variação temporal do rendimento do óleo essencial

O rendimento de óleo essencial foi distinto entre as três localidades avaliadas (ANOVA<sub>0,05</sub>; F=31,6; p <0,0001), com o rendimento médio mensal (%) da localidade CCA (0,624 ± 0,40 %) apresentando os maiores valores (Tukey<sub>0,05</sub>; p<0,05) (Figura 12). Independentemente da localidade, os maiores rendimentos foram observados entre o final do período chuvoso e por quase todo o período seco (Out a Jan-Mar), com algumas variações ao final da estação seca.

Figura12- Rendimento % de óleo essencial de *X. aromatica* por localidade.

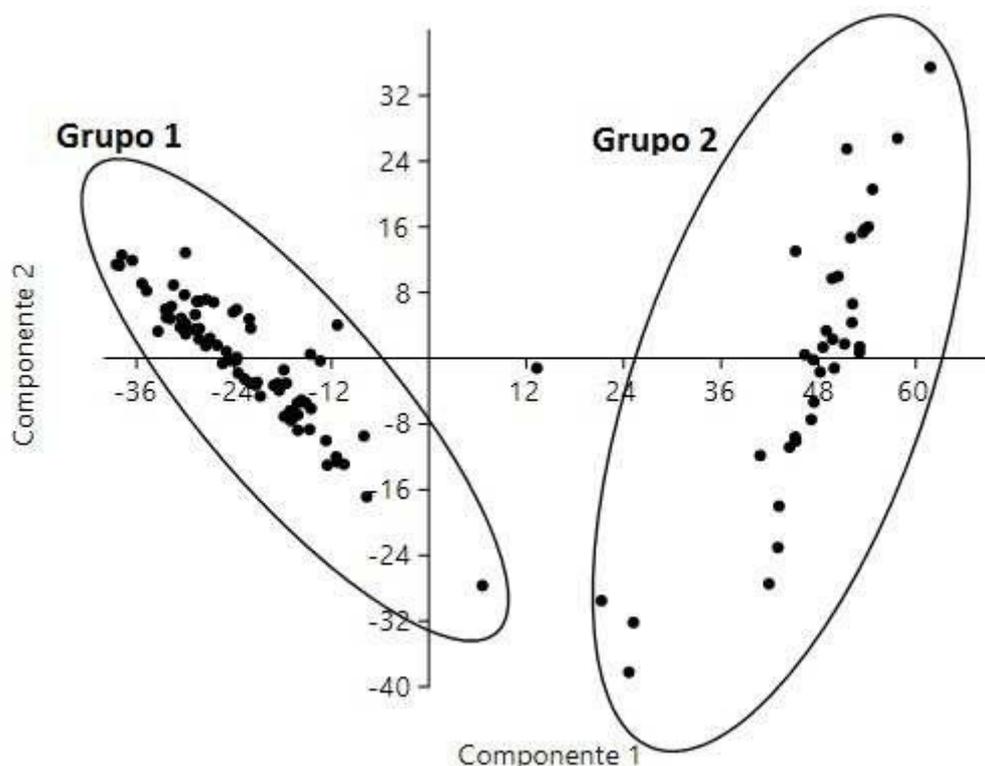


### 4.3 PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DAS OBSERVAÇÕES

#### 4.3.1 Agrupamentos das observações individuais

A análise multivariada (ACP) determinou dois distintos grupamentos relacionados às observações realizadas ao longo do período de coleta, (Figura 13). Essa distinção foi causada pelos diferentes teores dos componentes observados em cada uma das coletas individualmente. Para tentar entender quais componentes ou grupos de componentes foram responsáveis pelo agrupamento das observações foi então realizada uma análise de dupla entrada (Figura 14, Two-way cluster analysis), onde verificou-se que o grupo 1 é caracterizado pela presença em maiores concentrações dos monoterpenos sabineno,  $\beta$ -pineno, Mirceno,  $\alpha$ -felandreno e  $\beta$ -felandreno. Por outro lado, o grupo 2 é especialmente composto por hidrocarbonetos sesquiterpênicos, especialmente o viridiflorol, germacreno-D, biciclogermacreno e os compostos não identificados ni-39 e ni-43.

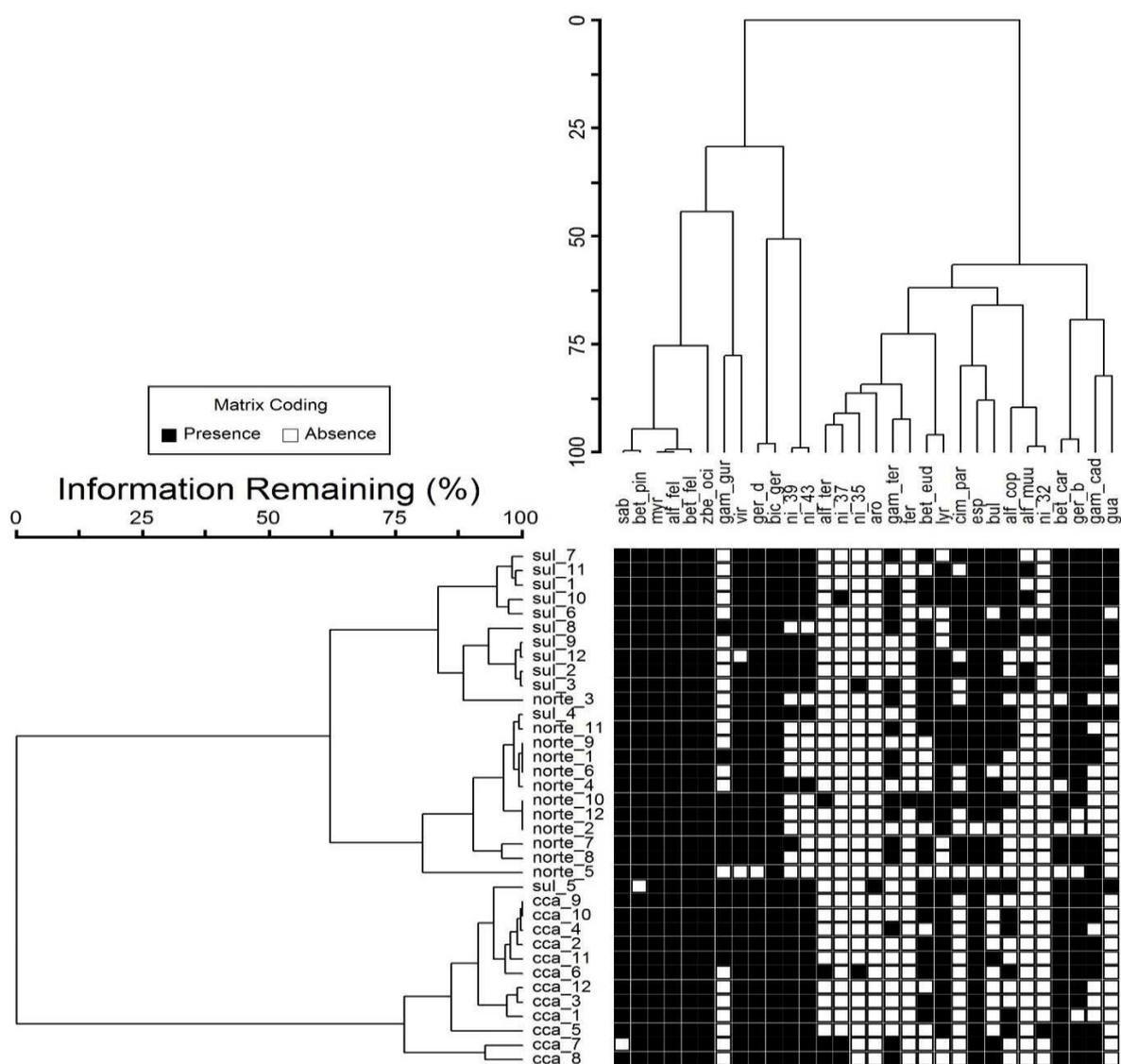
Figura 13 – Distribuição das observações da matriz de composição





A análise da variação mensal (temporal) a partir do agrupamento das observações individuais indicou que a localidade CCA se distingue em um grupo separado, enquanto que as localidades Sul e Norte se apresentam juntas em outro grupo (Figura 15, Two-way cluster analysis), independente do mês e coleta. Essa análise sugere que a composição do óleo essencial dos indivíduos amostrados não foi influenciada pela variação temporal ocorrida ao longo do estudo, e que outras causas devem indicar esta distinção.

Figura 15 –Análise de agrupamento de dupla entrada para as observações mensais.

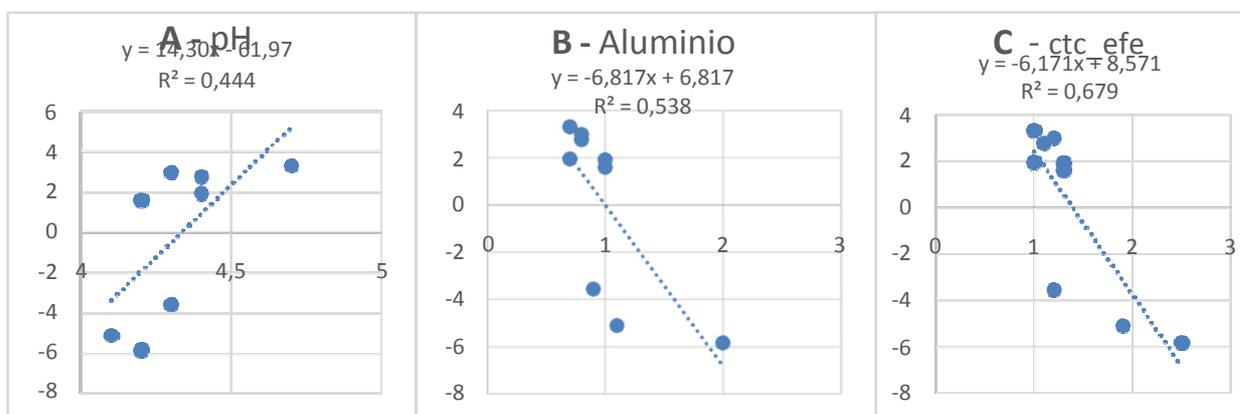




#### 4.4 CONDICIONANTES AMBIENTAIS DETERMINANDO A VARIABILIDADE NA COMPOSIÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL

As condicionantes ambientais de maior significância com a composição dos óleos essenciais de *Xylopiya aromatica* (Annonaceae) nas três localidades de savana estudadas em Roraima foram pH solo, alumínio e CTC (capacidade de troca catiônica) efetiva (Figura 17, A,B e C) contendo os valores dos componentes principais da composição em função da variável ambiental, considerando os valores de  $R^2$  maiores que 0,35. Os indivíduos 1, 4, 5 (os mais produtivos) estão associados à solos com maior acidez, maior toxidez e CTC efetiva igual ou inferior a 2,5 c mol c/Kg indicando que os solos onde os indivíduos mais produtivos se encontram é do tipo ácrico (com baixíssima fertilidade). Ou seja, os maiores rendimentos estão associados com os solos de maiores restrições edáficas.

Figura 17 – Condicionantes ambientais de maior significância com a composição dos óleos essenciais de *Xylopiya aromatica* (Annonaceae).



#### 4.5 DISCUSSÕES

Os resultados de rendimento (0,35% +/- 0,36) obtidos para as localidades de savana em Roraima são contrastantes com as análises realizadas por Maia et al, (2005) com quatro espécies de *Xylopi*, em uma região da floresta Amazônica no sul do estado do Pará, neste estudo, os autores encontraram um rendimento médio de 0,2% para *Xylopi aromática*, um valor 4 vezes inferior ao estudo em tela. Em outro estudo, Lago et al, (2003) encontraram um rendimento médio de 0,08% também para *X. aromática* em uma região de cerrado do estado de São Paulo (Araraquara), contudo, nenhum destes dois estudos aponta o efeito temporal do rendimento do óleo, detendo-se apenas em análises pontuais.

Lopes et al, (1997) concluíram que não houve variação no rendimento do óleo essencial nas diferentes estações do ano, trabalhando com *Virola surinamensis*, (Myristicaceae) contudo, Mendes et al, (2003), trabalhando com *Duguetia frutescens* (Annonaceae) do estado de Santa Catarina, no sul do Brasil encontraram aumento no rendimento de óleo essencial proporcional às maiores temperaturas, Os resultados indicam que a tendência de maior rendimento entre o final da estação seca e início da chuvosa pode ser um padrão para espécies da família Annonaceae.

Quanto à caracterização dos óleos essenciais deste estudo, podemos observar que apenas nove destes constituintes tinham sido identificados anteriormente por Lago et al (2003), sendo cinco monoterpenos não oxigenados, três sesquiterpenos não oxigenados e um sesquiterpeno oxigenado. Na comparação com Maia et al (2005) além dos nove já citados anteriormente, outros quatro sesquiterpenos não oxigenados também foram identificados. Portanto este estudo proporcionou a identificação inédita de vinte e sete componentes para o óleo essencial das folhas de *Xylopi aromática* (Annonaceae).

Quanto aos compostos majoritários, os resultados deste estudo também diferem de Maia et al (2005), que não identificaram  $\beta$ -felandreno em *Xylopi aromática* (Annonaceae) e sendo majoritário neste trabalho, Entre os monoterpenos não oxigenados estes autores identificaram o limoneno com 4,6 % enquanto que este composto foi ausente neste trabalho com espécies da savana de Roraima. Em relação aos hidrocarbonetos sesquiterpênicos, ainda nos trabalhos de Maia et al (2005), o majoritário foi o biciclogermacreno (36,5%) enquanto que para este

trabalho foi de 15,9%. Entre os sesquiterpenos oxigenados ainda encontraram o espatulenol apresentou percentual de 20,5%, em contraponto, as amostras de *Xylopiá aromática* (Annonaceae) de Roraima apresentaram 1,71%.

Já para Lago (2003), os monoterpenos mais abundantes foram  $\alpha$ -pineno (26,1%) e  $\beta$ -pineno (19%) e limoneno (22,3%), valores maiores que os encontrados para este trabalho, porém semelhantemente, o sesquiterpeno mais abundante foi biciclogermacreno (20,4%), As Indivíduos experimentais deste trabalho apresentam o sesquiterpeno viridiflorol dentre os majoritários, fato este, até então não observado em estudos com óleos essenciais desta espécie de Annonaceae, indicando um fator diferencial.

Os testes de atividade antioxidante pelo método DPPH<sup>•</sup>, se mostraram aceitáveis em virtude dos valores de IC<sub>50</sub> em média 0,50  $\mu$ g/mL, porém são inferiores aos valores encontrados por Boaventura (2010) que avaliou uma espécie de Annonaceae. Os resultados desta atividade, pelo método do sistema antioxidante  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, expressam resultados negativos e, diferentemente do que se esperava, os compostos dos óleos essenciais de *Xylopiá aromática* (Annonaceae) foram indutores oxidantes. Pelo método do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico os monitoramentos das amostras em função do tempo indicaram efeito oxidante por não ser suficiente para proteção do radical livre, estabelecendo que este método é menos eficiente para a verificação desta atividade em amostras de *Xylopiá aromática* (Annonaceae) da savana de Roraima. Desta, a partir da terceira coleta, as análises foram suprimidas, sendo então necessários que outros estudos apontem metodologias mais eficientes para esta determinação ou a melhor concentração para esta atividade.

A variação temporal apesar de ser observada em outros estudos, ainda é pouco discutida quando se trabalha com espécies de Annonaceae. Alguns trabalhos apresentam resultados comparando o rendimento e até composição majoritária em diferentes épocas do ano, como realizado por Lopes et al, (2007), A variação temporal apresentada neste estudo não indicou qualquer distinção entre os indivíduos, isso sugere um comportamento para a espécie estudada.

Durante este estudo a localidade Sul apresentou como compostos mais representativos o $\beta$ -felandreno, biciclogermacreno e NI-39 com teores inversamente proporcionais para os indivíduos Sul 1 em relação a Sul-2 e 3,  $\beta$ -felandreno, com

exceção dos meses de agosto a outubro e Abril, manteve sua concentração no indivíduo 1 oposta as amostras do 2 e do 3, Nos meses de novembro a março essa observação fica melhor evidenciada, enquanto que para o os indivíduos 2 e 3 os teores foram elevados para o indivíduo 1 foram mínimos, Biciclogermacreno, nos meses de meses de novembro a março, onde para os indivíduos 2 e 3 foi observado maiores teores do  $\beta$ -felandreno , esse composto apresenta-se com menores quantidades, já para Sul-1 elevada proporção, NI-39, nos meses nos meses supracitados, observa-se comportamento semelhante, predominância em Sul-1.

Para as amostras da localidade CCA o  $\beta$ -felandreno, biciclogermacreno, NI-30 e NI-43 apresentaram predominância com variações entre os indivíduos ao longo do período de análise. De modo geral pode ser observado uma relação nos teores do  $\beta$ -felandreno e biciclogermacreno, quando  $\beta$ -felandreno apresenta elevadas concentrações no indivíduo CCA-6, biciclogermacreno apresenta menores proporções, Em CCA-4 e CCA-5  $\beta$ -felandreno ocorre com baixos teores, já biciclogermacreno apresenta concentração expressiva. Os compostos NI-39 e 43 são identificados com altos teores e notável variação nos indivíduos CCA-4 e CCA-5 enquanto que em CCA-6 eles não são detectados. Os trabalhos anteriormente citados, de Maia et al (2005) e Lago et al (2003) não apresentam este mesmo perfil de compostos por não considerarem a variação temporal.

Nas amostras Norte-7, Norte-8 e Norte-9 o  $\beta$ -felandreno apresenta teores variando moderadamente nos meses de julho a fevereiro, com destaque para Norte-8 com percentuais maiores desse composto. No mês de março, na amostra Norte-9, esse composto não foi detectado. Os teores do biciclogermacreno apresentou variação inversamente proporcional ao  $\beta$ -felandreno, em Norte-8, característico por elevados percentuais do  $\beta$ -felandreno, foi a amostra de menor quantidade deste composto. Esse comportamento fica bem evidente no mês de março quando não foi detectado o  $\beta$ -felandreno, o biciclogermacreno ocorre com percentuais significativos. O viridiflorol, também não citado em outros trabalhos, apresentou percentuais elevados e variante ao longo do período de análise. Não foi observado padrão de variação que pudesse sugerir uma relação com os demais compostos citados, entretanto comparado às demais localidade esse constituinte é mais expressivo nestas amostras, Em Norte-9, o viridiflorol apresentou os maiores teores, exceto no mês de maio. Essas variações podem definir características específicas de cada amostra, além de fornecer um perfil expresso a cada mês.

Os agrupamentos por observações não são explicados em função das localidades das amostras, porém considerando os estudos de Maia et al, (2005) e Lago et al, (2003) é possível notar há indícios do efeito do ambiente na composição,

A partir destes dados é possível evidenciar a existência dos distintores dos grupos de observações, sendo que o grupo 2 compõe indivíduos que apresentam escassez de compostos monoterpênicos: em sua composição de óleos essenciais.

Vale ressaltar que a escassez desses compostos combinados com a presença maciça de compostos sesquiterpênicos: viridiflorol, germacreno-D, biciclogermacreno e os compostos não identificados ni-39 e ni-43, fazem estabelecer a característica principal deste grupo. Por outro lado, o grupo 1, apresenta comportamento de presença de compostos monoterpênicos exatamente contrário, sendo fortemente presentes durante o experimento. Quanto aos compostos sesquiterpênicos, este grupo também os apresenta, porém, os compostos não identificados ni-39 e ni-43 estão praticamente ausentes, sendo então possível inferir que a ausência deles, ou sua substituição faz distinção dos dois grupos.

Quanto aos determinantes para a distinção entre os indivíduos, é possível inferir que os fatores edáficos transmitem as explicações em nível de indivíduos, pois considerados pobres, os solos da savana de Roraima, apresentam espécies de plantas que se mostram adaptadas. Nos estudos de Lopes (2007), foi exposto que a menor taxa de crescimento e metabolismo das plantas estava associado à menor fertilidade do solo e conseqüente baixa de nutrientes, apresentou também maiores rendimentos associados, Já Mendes (2012), apresenta fortes justificativas para influência do ambiente na composição química de *Dalbergia frutescens* (Fabaceae), porém os fatores relacionados ao solo não são considerados.

Observando que a distinção de grupos não era justificada pelos padrões apresentados anteriormente, foi possível inferir que a distinção da composição no nível do indivíduo justificava, ou poderia reger a variação espacial e temporal, A distinção em grupos de indivíduos independente de localidade reafirma que em nível dos indivíduos há distinção relacionada com suas características ou outros fatores, Entre os fatores edáficos foi possível determinar distintores de indivíduos.

As condicionantes ambientais que explicam a variabilidade entre indivíduos neste estudo com *Xylopiá aromática* (Annonaceae), estão relacionadas com os fatores edáficos, pois foi possível relacionar esta variabilidade com solos com maior acidez, maior toxidez e contraditoriamente com valores maiores de CTC efetiva. As

características do solo da savana de Roraima encontradas neste trabalho corroboram as características descritas por Vale Júnior e Schaefer (2010) afirmando caráter químico de baixa fertilidade, com baixos níveis de cálcio e magnésio e níveis elevados de alumínio, além da tendência de baixos níveis de matéria orgânica.

Assim como Martins, Alvarenga e Roque (1995), podemos correlacionar a variação na produção de substâncias ativas aos fatores ambientais. Podemos afirmar que apesar da adaptação da espécie *Xylopia aromatica* (Annonaceae) à savana de Roraima, seus teores de compostos presente no óleos essenciais sofrem variabilidades e que tais variações podem ser plenamente explicadas pelos fatores ambientais, especialmente as características edáficas onde os indivíduos se encontram, muito embora haja a constatação de que os solos de savanas sejam pobres em nutrientes, esta espécie de Annonaceae apresenta grande potencial para bioprospecção a partir de suas características químicas e do entendimento da relações entre elas e o meio ambiente. Outros estudos devem aprofundar o conhecimento das características genéticas da espécie bem como outras relações ou fatores que possam determinar suas características ou justificar suas mais variadas aplicações.

## 5. CONCLUSÕES

A constituição química e atividade antioxidante de óleos essenciais de folhas da *Xylopia aromatica* (Annonaceae) da savana de Roraima pode ser relacionada com as condicionantes ambientais visto que os resultados apresentam comportamento de composição diferentes entre indivíduos do mesmo grupo amostral.

A composição química do óleo essencial de folhas da *Xylopia aromatica* (Annonaceae) apresentou um perfil genérico com diferenças de teores entre indivíduos e entre períodos durante a pesquisa indicando efeito sazonal.

Os compostos majoritários foram determinados para cada indivíduo experimental e foram divididos principalmente entre monoterpenos e sesquiterpenos,

porém houveram seis compostos não identificados e estudos posteriores deverão elucidar melhor esta questão.

Os óleos essenciais das amostras apresentaram perfil de baixa atividade antioxidante pelos métodos realizados. Mais estudos devem aplicar metodologias diferentes para esta determinação e elucidação da variabilidade desta atividade entre indivíduos da mesma espécie.

Em função da composição dos óleos essenciais os fatores ambientais podem determinar a formação de grupos distintos quando comparadas todas as observações

Dentre os diversos fatores ambientais, os que apresentaram influência significativa sobre a composição química e rendimento dos óleos essenciais de folhas de *Xylopiá aromática* (Annonaceae) foram as características edáficas representadas pelo maior pH do solo, maior acidez do solo e CTC efetiva, indicando que os maiores rendimentos de óleo essencial estão associados com os solos de maiores restrições edáficas.

## REFERÊNCIAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oils components by Gas Chromatography/Mass Spectroscopy**. 4. ed. Illinois: Allured Publishing Corporation, 2007. 804 p.

ANVISA. **Farmacopeia Brasileira**. 5. ed. Brasília, 2010. 2 v.

ARNAO, M. B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using Chromogen Radicals: a practical case. **Trends in Food Science and Technology**, London, v. 11, n. 11, p. 419-421, nova. 2000.

BANCHEREAU, F.; MARIGO, G.; ASTA, J. Effect of solar radiation (UV and visible) at high altitude on CAM-Cycling and phenolic compound biosynthesis in *Sedum album*. **Physiologia Plantarum**, Hoboken, v. 104, n. 2, p. 203-210, oct. 1998.

BANDONI, A. (ed.) **Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica, su aprovechamiento industrial para producción de aromas y sabores**. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, 2000. 418 p.

BARBOSA, R. I.; Campos, C.; Pinto. Detection and geographical distribution of clearing areas in the savannas (*lavrado*) of Roraima using Google Earth web tool. **Functional Ecosystems and Communities. Journal of Geography and Regional Planning**. V. 4, n. 3, p.122-136, 201136.

BARBOSA, R. I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R. I.; FERREIRA, E. J. G.; CASTELLÓN, E. G. (Eds.). **Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima**. Manaus: INPA. 1997. p. 325-335.

BARBOSA, R. I. et al. Forest fires in Roraima, Brazilian Amazonia. **International Forest Fire News**, Geneva, n. 28, p. 51-66, jan./jun. 2003.

\_\_\_\_\_. The "Lavrados" of Roraima: biodiversity and conservation of Brazil's Amazonian savannas. **Functional Ecosystems and Communities**, Kagawa, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2007.

BARBOSA, R. I.; Campos, C.; Pinto, F.; Fearnside. The “Lavrados” of Roraima: biodiversity and conservation of Brazil’s Amazonian savannas. **Functional Ecosystems and Communities**, Kagawa, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2007.

Barbosa, R. I.; Campos, C. 2011. **Detection and geographical distribution of clearing areas in the savannas (‘lavrado’) of Roraima using Google Earth web tool**. *Journal of Geography and Regional Planning* 4(3): 122-136.

BARBOSA, R. I.; MIRANDA, I. S. Fitofisionomia e diversidade vegetal das savanas de Roraima. In: BARBOSA, R. I.; XAUD, H. A. M; COSTA E SOUSA, J. M. (Ed.). **Savanas de Roraima: etnografia, biodiversidade e potencialidades agropastoris**. Boa Vista: FEMACT, 2005. p. 61-77.

BARON, D. et al. Gas exchange, physiological indexes and ionic accumulation in *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer seedlings in nutrients solution. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 361-376, jun. 2013.

BARROS, F. M. C; ZAMBARDA, E. O; HEINZMANN, B. M. Variabilidade sazonal e biossíntese de terpenóides presentes no óleo essencial de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae). **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 861-867, mar. 2009.

BEZERRA, A. M. E. et al. Produção e composição química da Macela em função da época de colheita. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 26-29, jan./mar. 2008.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel Wissenschaftund Technology – Food Science and Technology**, San Diego, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. **RADAM** Folha NA.20 Boa Vista e parte das Folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21 : geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1976. v. 8. 428 p.

BRAZ-FILHO, R. Contribuição da fitoquímica para o desenvolvimento de um país emergente. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 229-239, 2010.

CARVALHO FILHO, J. L. S. et al. Influence of the harvesting time, temperature and drying period on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil. **Revista Brasileira de Farmacognosia.**, João Pessoa, v. 16, n. 1, p. 24-30, jan./mar. 2006.

CHAVES, F. C. M. **Produção de biomassa, rendimento e composição de óleo essencial de Alfavaca-cravo (*Ocimum gratissimum* L.) em função da adubação orgânica e épocas de corte.** 2002. 153f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

CHERICONI, S. et al. GC-MS analyses of the essential oil from the aerial parts of *Artemisia verlotiorum*: variability during the year. **Biochemical Systematics and Ecology**, Kidlington, v. 32, n. 4, p. 423-429, apr. 2004.

CHENG, S.S.; WU, C.L.; CHANG, H.T.; KAO, Y.T.; CHANG, S.T. **Antitermitic and antifungal activities of essential oil of *Calocedrus formosana* leaf and its composition.** J. Chem. Ecol. National Taiwan University, Taiwan. v.30, n.10, p.1957-1967, 2004.

CORRÊA-JÚNIOR, C.; MING, L. C.; SCHEFFER, M. C. **Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas.** 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 162 p.

COUVREUR, T. L. P. et al. Keys to the genera of *Annonaceae*. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 169, n. 1, p. 74-83, may 2012.

CRAVEIRO, A.; FERNANDES, A. G.; ANDRADE, C. H. S. **Óleos essenciais de plantas do Nordeste.** Fortaleza: UFC, 1981. 209 p.

CRAVEIRO, A.A.; ALENCAR, J.W.; MATOS, F. J. A.; ANDRADE, C. H. S.; MACHADO, M. I. L. **Essential Oils From Brazilian Verbenaceae.** Genus Lippia. J. Nat. Prod., v. 44, n. 5, p. 598–601, 1981.

CURTI, M.; CZEPAK, M. P.; MARTINS, J. M. Estruturação do jardim didático de plantas aromáticas, medicinais e condimentares, ocorrentes em Marechal Cândido Rondon-PR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PLANTAS MEDICINAIS: DIAGNÓSTICO E PERSPECTIVAS, 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo, 2003. p. 62.

DARROW, K.; BOWERS, M. D. Phenological and population variation in Iridoid Glycosides of *Plantago lanceolata* (Plantaginaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, Kidlington, v.25, n. 1, p.1-11, jan. 1997.

DIAS, M. C.; KINOSHITA, L. S. A new species of *Xylopia* L. (*Annonaceae*) from Bahia, Brazil. **Kew Bulletin**, Surrey, v. 53, n. 2, p. 471-474, apr. 1998.

DUARTE-ALMEIDA, J. M. et al. Avaliação da atividade antioxidante utilizando sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico e método de sequestro de radicais livres DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, abr./jun. 2006.

EMMONS, C.; PETERSON, D. M.; PAUL, G. L. Antioxidant capacity of oat (*Avena sativa* L.) extracts. 2. *In vitro* antioxidant activity and contents of phenolic and total antioxidants. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, Califórnia, v. 47, n. 12, p. 4894-4898, dec. 1999.

FERREIRA, R. L. C.; MOTA, A. C.; SILVA, J. A. A.; MARANGON, L. C.; SANTOS, E. S. **Comparação de duas metodologias multivariadas no estudo de similaridade entre fragmentos de Floresta Atlântica**. *Revista Árvore*. Viçosa-MG, v. 32, n.3, p. 501-511, 2008.

FRAUSIN, G. et al. Plants of the Annonaceae traditionally used as antimalarials: a review. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, ed. esp., p. 315-336, fev. 2014.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, mar./abr. 2007.

GONZÁLEZ-ESQUINCA, A. R. et al. Alkaloids and acetogenins in Annonaceae development: biological considerations. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. esp., p. 1-16, fev. 2014.

HARTMANN, T. Global harmonization of herbal health claims. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Hoboken, v. 80, p. 177-179, 1996.

HORNOK, L. Influence of Nutrition on the yield and content of active compounds in some essential oil plants. **Acta Horticulturae**, Hamburg, v. 132, p. 239-247, apr. 1983.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro, 1992. 271 p.

INCT. **Herbário Virtual da Flora e dos Fungos**. Disponível em: <<http://inct.florabrasil.net/>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

KAPUR, K. K., VASHIST, V. N., ATAL, C. K. Variability and utilization studies on *Eucalyptus citriodora* Hook. grown in India. In: ATAL, C. K., KAPUR, B. M. (Eds.). **Cultivation and Utilization of Aromatic Plants**. Jammu-Tawi: Regional Laboratory Council of Scientific and Industrial Research, 1982. p. 603-606.

KOHLERT, C. et al. Bioavailability and pharmacokinetics of natural volatile terpenes in animals and humans. **Planta Medica**, Stuttgart, v. 66, n. 6, p. 495-505, ague. 2000.

KUTCHAN, T. M. Herbal mixtures in the traditional medicine of Eastern Cuba. **Plant Physiology**, Rockville, v. 125, p. 58-62, 2001.

LAGO, J. H. G. et al. Antifungal Aromadendrane Sesquiterpenoids from the leaves of *Xylopia brasiliensis*. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 14, n. 5, p. 828-831, sep./out. 2003.

LEBOEUF, M. et al. The Phytochemistry of the Annonaceae. **Phytochemistry**, Kidlington, v. 21, n. 12, p. 2783-2813, dez. 1980.

LI, H. T. et al, The pharmacological activities of Anonaine. **Molecules**, Basel, v. 18, n. 7, p. 8257-8263, jul. 2013.

LINDROTH, R. L.; HSIA, M. T. S.; SCRIBER, J. M. Tropical plants. **Biochemical Systematics and Ecology**, Kidlington, v. 15, n. 6, p. 681-682, nov. 1987.

LOPES, J. C; MELLO-SILVA, R. Diversidade e caracterização das *Annonaceae* do Brasil. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. esp., p. 125-131, fev. 2014.

LOPES, N. P. et al. Circadian and seasonal variation of the essential oil from *Viola surinamensis* leaves. **Phytochemistry**, Kidlington, v. 46, n. 4, p. 689-983, oct. 1997.

LORENZO, D. et al. Achyrocline satureioides essential oils from southern Brazil and Uruguay. **Planta Medica**, Stuttgart, v. 66, n. 5, p. 476-477, jun. 2000.

LUCIO, A. S. S. C. et al. Alkaloids of the Annonaceae: occurrence and a compilation of their biological activities. In: **The Alkaloids: chemistry and biology**. Oxford: Elsevier, 2015. v. 74. p. 234-395. v. 74

MAAS, P.; LOBÃO, A.; RAINER, H. Annonaceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB110557>. Acesso em: 06 Mar. 2015.

MAIA, J. G. S. et al. Database of the Amazon aromatic plants and their essential oils. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 595-622, abr. 2009.

\_\_\_\_\_. Leaf volatile oils from four Brazilian *Xylopi*a species. **Flavour and Fragrance Journal**, Hoboken, v. 20, n. 1, p. 474-477, sep. 2005.

MAROTTI, M.; PICCAGLIA, R.; GIOVANELLI, E.; DEANS, S. G.; EAGLESHAM, E. Effects of planting time and mineral fertilization on peppermint (*Mentha x piperita* L.) essential oil composition and its biological activity. **Journal of Flavour and Fragrance**, Glasgow, v. 9, n. 3, p. 125-129, 1994.

MARTINS, D.; ALVARENGA, M. A.; ROQUE, N. F. Diterpenes and Alkaloids from Brazilian *Xylopi*a Species. **Química Nova**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 14-16, jan. 1995.

MATTOS, J. K. A. **Plantas medicinais: aspectos agronômicos**. Brasília: Edição do autor. 51p. 1996.

MENDES, C. E.; CASARIN, F.; OHLAND, A. L. Efeitos das condições ambientais sobre o teor e variabilidade dos óleos essenciais de *Dalbergia frutescens* (Vell) Britton (Fabaceae). **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 9, p. 1787-1793, set. 2012.

MENSOR, L. et al. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. **Phytotherapy Research**, London, v. 15, n. 2, p. 127-130, mar. 2001.

MIRR. **Herbário do Museu Integrado de Roraima**. Boa Vista: FEMACT, 2015. Disponível em: <http://inct.florabrasil.net>. Acesso em: 20 Mar. 2015.

PAULUS, D. et al. Solução nutritiva para produção de menta em hidroponia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 61-67, jan./mar. 2008.

PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. **Cultivo e processamento de plantas medicinais**. Lavras: UFLA, 2002. 169 p.

PIRBALOUTI, A. G. et al. Essential oil compositions, antibacterial and antioxidant activities of various populations of *Artemisia chamaemelifolia* at two phenological stages. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, n. 23, v. 6, p. 861-869, nov./dez. 2013.

POLLE, A. et al. Field studies on Norway Spruce trees at high altitudes: mineral, pigment and soluble protein contents of needles as affected by climate and pollution. **New Phytologist**, Hoboken, v.121, n. 1, p. 89, may. 1992.

PONTIS, J. A. et al. Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 69-73, jan./mar. 2014.

PRAKASA RAO, E. V. S.; PUTTANNA, K.; RAMESH, S. Effect of nitrogen and harvest stage on the yield and oil quality of *Tagetes minuta* L. in tropical India. **Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants**, London, v 7, n. 3, p. 19-24, dec. 2000.

PUTIEVSKY, E. R. U.; DUDAI, N. The influence of season and harvest frequency on essential oil yields from a pure clone of sage (*Salvia officinalis*) grown under cultivated conditions. **Journal of Natural Products**, Cincinnati, v. 49, n. 2, p. 326-329, mar./apr. 1986.

RIBEIRO, J. E. L. et al. **Flora da Reserva Ducke**: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central. Manaus: INPA, 1999. 799 p.

RODRIGUEZ, M. et al. Antidiabetic and antiradical activities of plants from Venezuelan Amazon. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 18, n. 3, p. 331-338, jul./sep. 2008.

SANTOS, A. S. **Óleos essenciais**: uma abordagem econômica e industrial. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 374 p.

SARRAZIN, S. L. F. et al. Antimicrobial and seasonal evaluation of the Carvacrol-Chemotype oil from *Lippia organoides* Kunth. **Molecules**, Basel, v. 20, n. 2, p. 1860-1871, jan. 2015.

SILVA, F. et al. Teor de óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum*) em diferentes épocas e horários de colheita. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 6, n. 1, p. 33-38, jan./jun. 2003.

SILVA, M. G. V. et al. Chemical variation during daytime of constituents of the essential oil of *Ocimum gratissimum* leaves. **Fitoterapia**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 32-34, feb. 1999.

SILVA, R. **Crescimento e teor de óleo essencial de *Aloysia triphylla* (L'Hérit) Britton (Verbenaceae), em função da adubação orgânica, sazonalidade, horário de colheita e processamento pós-colheita.**2005. 66f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento.** Porto Alegre: UFRS/UFSC, 2007. p. 467-475.

SOUZA, J. R. P. et al. Desenvolvimento da espinheira-santa sob diferentes intensidades luminosas e níveis de poda. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 40-44, jan./mar. 2008.

STASHENKO, E. E.; JARAMILL, B. E.; MARTINEZ, J. R. Analysis of volatile secondary metabolites from Colombian *Xylopiia aromatica* (Lamarck) by different extraction and headspace methods and gas chromatography. **Journal of Chromatography A**, Amsterdam, v. 1025, n. 1, p. 105–113, jan. 2004.

STASI, L. C.; HIRUMA-LIMA, C. A. **Plantas medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica.** 2. ed. São Paulo: Ed. Universidade Estadual Paulista, 2002. 604 p.

TAVEIRA, F. S. N. et al. Seasonal essential oil variation of *Aniba canelilla*. **Biochemical Systematics and Ecology**, Kidlington, v. 31, n. 1, p. 69-75, jan. 2003.

VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER, C. E. G. R. **Solos sob savanas de Roraima: gênese, classificação e relações ambientais.** Boa Vista: Gráfica Ioris, 2010. 219 p.

WANNES, W. A. et al. Antioxidant activities of the essential oil and methanol extracts from myrtle (*Myrtus communis* var. *italica* L.) leaf, stem and flower. **Food and Chemical Toxicology**, Amsterdam, v. 48. n. 5, p. 1362-1370, may 2010.

VEIT, M. et al. Diurnal Changes in Flavonoids. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v.148, n. 3-4, p. 478-482,mar. 1996.

WOLD, C.S.; ALBANO, W. J.;DUNN, U.; EDLUND, K. H.; ESBENSEN, P.; GELADI, S.; HELLBERG, E.; JOHANSSON, W.; M. SJOSTROM, M. Multivariate data analysis in chemistry, in Chemometrics. **Mathematics and Statistics in Chemistry**, ed. B. R. Kowalski, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1984, pp. 17–95.

YANG, H. et al. Lack of Altitudinal trends in phytochemical constituents of *Swertia franchetiana* (Gentianaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, Kidlington, v. 32, p. 861, oct. 2004.

ZENG, L. et al. Five New Monotetrahydrofuran Ring Acetogenins from the leaves of *Annona muricata*. **Journal of Natural Products**, Cincinnati, v. 59, n. 11, p. 1035-1042, nov.1996.

ZHUANG, Q.; SCHOLZ, F.; PRAGST, F. The voltammetric behaviour of solid 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) microparticles. **Electrochemistry Communication**, New York, v. 1, n. 9, p. 406-410, sep. 1999.

ZIDORN, C.; STUPPNER, H. Evaluation of chemosystematic characters in the Genus *Leontodon* (Asteraceae).**Taxon**, Bratislava,v.50, n.1, p.115-133, feb. 2001.

## APENDICES

APENDICE A – Composição (%) e média (med) dos óleos essenciais de todas as amostras no período de estudo

% compostos voláteis de óleo essencial de *X. aromatica* (amostra Sul-1)

	Componente	lkc	lk lit	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	med
1	sabineno	980	975	-	2,00	2,71	2,40	0,10	-	-	-	-	1,42	-	-	0,72
2	beta pineno	983	979	-	0,61	1,55	1,55	0,11	-	-	-	-	0,82	-	-	0,39
3	mirreno	993	991	-	3,34	4,84	4,50	0,12	-	-	-	-	3,92	-	-	1,39
4	alfa felandreno	1005	1003	-	3,05	4,65	4,31	0,12	-	-	-	-	2,96	-	-	1,26
5	alfa terpineno	1018	1017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	cimeno (para)	1023	1025	-	-	0,13	-	-	-	0,41	-	-	0,50	-	-	0,09
7	beta felandreno	1028	1030	-	44,41	64,98	57,48	1,41	3,05	0,51	1,42	1,06	49,31	0,22	-	18,65
8	3-delta careno	1031	1031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	(Z) beta ocimeno	1035	1037	-	0,87	1,81	1,05	0,99	0,87	0,47	1,08	0,79	0,98	0,46	-	0,78
10	(E) beta ocimeno	1046	1050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	gama terpineno	1058	1060	-	-	-	0,33	-	-	-	-	-	-	-	0,64	0,08
12	4- terpineol	1163	1177	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	delta elemeno	1338	1348	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	alfa copaeno	1374	1377	-	1,87	0,99	1,05	-	-	-	-	-	-	0,40	0,32	0,39

														continua		
15	beta cariofileno	1419	1425	-	-	-	0,89	0,49	3,53	1,68	3,50	2,74	0,62	2,15	0,48	1,34
16	aromadendreno	1450	1441	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	gama gurjuneno	1477	1496	-	1,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,09
18	germacreno D	1485	1485	5,49	2,67	1,66	2,15	5,20	7,50	4,22	7,03	5,12	1,68	5,47	1,74	4,16
19	gama amorfeno	1496	1497	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	biciclogermacreno	1496	1500	31,13	20,95	10,36	10,89	32,47	36,33	26,81	50,00	40,74	15,23	10,47	0,44	23,82
21	gama cadineno	1510	1514	1,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,26	0,52
22	delta cadineno	1527	1523	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	nerolidol	1553	1533	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	germacreno B	1556	1561	4,13	0,88	-	1,66	0,85	7,32	4,05	7,44	5,70	0,64	2,86	17,84	4,45
25	espatulenol	1576	1578	-	1,59	1,69	0,49	4,70	1,59	-	2,69	3,33	2,27	1,37	2,21	1,83
26	viridiflorol	1597	1593	-	5,49	0,47	4,89	3,10	-	-	-	1,04	4,40	3,88	3,24	2,21
27	guaiol	1612	1601	-	1,48	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19
28	N.I 32	1654	*	-	1,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16
29	alfa acorenol	1633	1655	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	alfa muurolol	1646	1646	-	4,27	-	2,19	-	-	-	-	-	-	-	-	0,54
31	beta eudesmol	1655	1651	-	0,92	2,18	0,94	-	-	-	-	2,20	3,14	-	-	0,78
32	liral	1655	1664	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,98	-	-	0,17

														continua		
33	bulsenol	1672	1684	-	2,58	1,98	2,48	-	-	-	-	-	1,11	-	-	0,68
34	N.I 37	1743	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	N.I 39	1745	*	47,34	-	-	-	38,62	35,56	46,27	24,18	27,44	6,84	56,75	54,54	28,13
36	N.I 41	1767	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	N.I 43	1844	*	9,94	-	-	-	11,72	4,25	15,58	2,67	9,84	2,18	15,98	14,29	7,20

% compostos voláteis de óleo essencial de *X. aromatica* (amostra Sul-2)

	Componente	lkc	lk lit	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	med
1	sabineno	980	975	2,79	1,16	3,56	0,71	2,35	4,03	2,81	3,10	2,68	2,17	1,68	2,40	2,45
2	beta pineno	983	979	1,49	0,64	2,58	0,33	1,17	1,69	1,34	1,63	1,44	1,50	-	-	1,15
3	mirceno	993	991	4,19	2,03	1,61	0,28	3,93	5,76	4,44	5,30	4,97	5,22	2,32	2,87	3,58
4	alfa felandreno	1005	1003	2,59	1,07	4,91	0,42	3,43	5,06	2,93	4,70	4,49	4,54	1,75	1,25	3,10
5	alfa terpineno	1018	1017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	cimeno (para)	1023	1025	1,29	0,66	4,62	0,49	-	-	0,49	0,11	-	-	0,16	0,69	0,71
7	beta felandreno	1028	1030	46,60	24,54	64,40	5,39	48,40	66,64	49,86	62,80	59,21	65,17	26,65	56,31	48,00
8	3-delta careno	1031	1031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	(Z) beta ocimeno	1035	1037	1,02	2,58	0,96	-	-	-	1,50	0,97	1,27	0,90	-	0,65	0,82

														continua		
10	(E) beta ocimeno	1046	1050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	gama terpineno	1058	1060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	4- terpineol	1163	1177	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	delta elemeno	1338	1348	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
														continua		
14	alfa copaeno	1374	1377	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	beta cariofileno	1419	1425	2,09	1,11	0,84	-	1,30	-	-	-	-	0,66	1,61	-	0,63
16	aromadendreno	1450	1441	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,66	-	0,14
17	gama gurjuneno	1477	1496	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	germacreno D	1485	1485	4,22	5,86	0,13	2,28	4,42	-	3,20	-	2,08	1,51	7,31	5,46	3,04
19	gama amorfeno	1496	1497	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	biciclogermacreno	1496	1500	19,09	37,08	0,17	15,79	12,19	10,03	14,09	1,10	8,61	6,62	18,89	20,27	13,66
21	gama cadineno	1510	1514	-	1,47	1,66	1,97	-	-	-	4,81	-	-	-	-	0,83
22	delta cadineno	1527	1523	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	nerolidol	1553	1533	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	germacreno B	1556	1561	-	3,43	6,41	-	1,44	-	-	0,68	-	-	-	-	1,00
25	espatulenol	1576	1578	3,99	-	0,17	-	0,69	-	1,62	0,89	1,07	-	3,48	1,46	1,11
26	viridiflorol	1597	1593	4,96	4,80	0,28	0,56	0,83	-	0,66	5,55	5,74	5,87	3,58	1,58	2,87

														continua		
27	guaiol	1612	1601	-	2,52	3,70	-	9,73	-	-	-	-	-	-	-	1,33
28	N.I 32	1654	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	alfa acorenol	1633	1655	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	alfa muurolol	1646	1646	-	-	-	0,44	1,45	-	-	1,16	1,14	-	-	-	0,35
31	beta eudesmol	1655	1651	2,89	1,11	0,20	1,94	-	-	-	3,16	3,17	-	-	-	1,04
32	liral	1655	1664	-	-	-	0,49	4,99	3,46	-	2,71	2,78	2,55	1,94	-	1,58
33	bulsenol	1672	1684	2,79	1,19	-	-	3,68	3,28	2,78	1,33	1,35	3,24	-	-	1,64
34	N.I 37	1743	*	-	5,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,49
35	N.I 39	1745	*	-	-	-	0,56	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05
36	N.I 41	1767	*	-	0,16	3,70	42,47	-	-	11,10	-	-	-	18,52	3,70	6,64
37	N.I 43	1844	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

% compostos voláteis de óleo essencial de *X. aromatica* (amostra Sul-3)

	Componente	lkc	lk lit	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	med
1	sabineno	980	975	2,51	2,00	0,18	2,44	1,99	2,49	2,42	1,69	1,74	1,17	1,68	4,17	2,04
2	beta pineno	983	979	1,16	1,00	0,30	1,60	1,25	1,47	-	-	1,64	1,29	-	1,63	0,95
3	mirceno	993	991	4,20	3,53	-	4,76	4,42	4,88	4,32	5,06	4,46	4,27	3,54	5,06	4,04



														continua		
21	gama cadineno	1510	1514	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	delta cadineno	1527	1523	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	nerolidol	1553	1533	0,35	0,44	5,69	1,57	-	-	0,57	-	0,90	-	0,78	1,19	0,96
24	germacreno B	1556	1561	2,81	1,88	1,08	-	-	-	0,53	-	-	2,00	-	1,70	0,83
25	espatulenol	1576	1578	5,08	6,51	2,81	9,57	7,93	-	8,76	7,44	2,79	9,62	6,76	-	5,61
26	vidiflorol	1597	1593	0,88	1,19	-	1,72	-	7,88	2,05	-	7,24	2,72	0,94	-	2,05
27	guaiol	1612	1601	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	N.I 32	1654	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	alfa acorenol	1633	1655	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	alfa muurolol	1646	1646	2,28	3,19	-	4,88	-	4,16	0,40	4,46	4,40	6,19	2,78	-	2,73
31	beta eudesmol	1655	1651	-	-	-	2,48	3,98	3,73	4,35	3,56	3,93	4,43	3,11	-	2,46
32	liral	1655	1664	2,49	3,39	0,40	2,27	3,93	-	5,26	1,76	1,73	2,39	1,20	-	2,07
33	bulsenol	1672	1684	-	-	-	-	-	-	-	-	0,56	-	-	-	0,05
34	N.I 37	1743	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	N.I 39	1745	*	-	-	28,19	-	-	-	-	-	-	-	0,36	2,40	2,58
36	N.I 41	1767	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	N.I 43	1844	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,29	0,69

% compostos voláteis de óleo essencial de X. aromatica (amostra CCA-4)

	Componente	lkc	lk lit	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	med
1	sabineno	980	975	-	-	0,12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	beta pineno	983	979	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	mirceno	993	991	-	-	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
4	alfa felandreno	1005	1003	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
5	alfa terpineno	1018	1017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	cimeno (para)	1023	1025	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	beta felandreno	1028	1030	0,39	0,89	1,69	0,68	-	-	0,88	-	1,25	0,70	-	0,18	0,56
8	3-delta careno	1031	1031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	(Z) beta ocimeno	1035	1037	-	0,67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06
10	(E) beta ocimeno	1046	1050	0,89	1,51	1,70	0,91	1,07	-	0,73	-	0,76	0,44	0,26	0,66	0,74
11	gama terpineno	1058	1060	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	4- terpineol	1163	1177	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	delta elemeno	1338	1348	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	alfa copaeno	1374	1377	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	beta cariofileno	1419	1425	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	aromadendreno	1450	1441	-	-	-	-	-	-	0,91	-	-	-	0,24	-	0,10
17	gama gurjuneno	1477	1496	0,63	0,22	0,59	-	1,61	2,46	2,01	-	2,29	0,59	1,34	0,42	1,01

														continua		
18	germacreno D	1485	1485	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	gama amorfeno	1496	1497	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	biciclogermacreno	1496	1500	-	-	1,40	1,15	-	-	-	-	-	1,54	-	-	0,34
21	gama cadineno	1510	1514	6,29	5,43	4,73	3,33	4,34	5,89	5,86	3,19	6,07	4,40	4,08	4,39	4,83
22	delta cadineno	1527	1523	25,90	28,10	27,81	15,81	15,29	28,67	34,89	18,58	34,18	24,64	7,53	15,70	23,09
23	nerolidol	1553	1533	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	germacreno B	1556	1561	3,70	3,45	2,51	2,42	-	4,88	-	2,41	4,79	1,69	2,58	1,04	2,46
25	espatulenol	1576	1578	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,52	-	0,04
26	viridiflorol	1597	1593	-	-	-	-	-	3,02	-	1,77	1,33	0,49	0,51	2,71	2,46
27	guaiol	1612	1601	3,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31
28	N.I 32	1654	*	-	-	-	0,58	3,45	2,60	4,44	1,34	1,79	0,98	0,78	0,50	1,37
29	alfa acorenol	1633	1655	-	-	-	-	-	3,02	-	1,77	1,33	0,49	0,51	2,71	0,82
30	alfa muurolol	1646	1646	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	beta eudesmol	1655	1651	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	liral	1655	1664	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	bulsenol	1672	1684	-	-	-	0,64	-	-	-	-	-	-	-	0,37	0,08
34	N.I 37	1743	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,27	-	0,02
35	N.I 39	1745	*	38,32	45,29	43,57	47,19	51,97	42,94	29,87	41,48	37,15	47,02	61,59	51,80	44,85















														continua			
35	N.I 39	1745	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,18	-	-	0,52
36	N.I 41	1767	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	N.I 43	1844	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,20	-	-	0,27

% compostos voláteis de óleo essencial de X. aromatica (amostra Norte-8)

	Componente	lkc	lk lit	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	med
1	sabineno	980	975	-	-	2,51	2,13	1,92	2,44	2,89	2,91	2,10	3,74	4,56	2,65	2,32
2	beta pineno	983	979	-	-	1,46	1,45	1,12	1,37	1,32	1,20	1,43	1,39	2,35	1,40	1,21
3	mirceno	993	991	-	-	5,27	5,22	4,46	5,28	5,23	5,56	4,80	5,71	6,83	4,72	4,42
4	alfa felandreno	1005	1003	-	4,18	4,94	4,86	4,12	4,96	4,65	4,78	4,37	4,89	6,44	4,30	4,37
5	alfa terpineno	1018	1017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	cimeno (para)	1023	1025	-	-	-	0,13	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01
7	beta felandreno	1028	1030	35,91	69,27	69,12	68,79	60,99	65,84	64,22	61,07	59,64	68,59	72,41	54,94	62,57
8	3-delta careno	1031	1031	-	-	-	0,20	-	-	0,12	-	-	-	-	-	0,03
9	(Z) beta ocimeno	1035	1037	-	1,02	1,39	1,25	0,81	1,07	1,08	1,02	1,02	1,11	3,95	1,34	1,26
10	(E) beta ocimeno	1046	1050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	gama terpineno	1058	1060	-	-	-	0,50	-	0,80	-	-	0,33	-	-	-	0,14



															continua		
30	alfa muurolol	1646	1646	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	beta eudesmol	1655	1651	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	lyral	1655	1664	-	-	3,08	2,64	4,79	3,02	4,32	4,29	6,26	2,99	-	6,19	3,13	
33	bulsenol	1672	1684	9,99	3,75	-	4,89	8,18	-	0,79	-	1,02	0,57	-	-	2,43	
34	N.I 37	1743	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
35	N.I 39	1745	*	0,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	
36	N.I 41	1767	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
37	N.I 43	1844	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

% compostos voláteis de óleo essencial de X. aromatica (amostra Norte-9)

	Componente	lkc	lk lit	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	med
1	sabineno	980	975	0,87	1,41	2,00	1,10	1,23	1,88	1,75	1,51	-	2,92	4,63	2,39	1,81
2	beta pineno	983	979	0,68	0,73	0,86	0,73	0,68	0,71	0,87	1,09	-	1,38	2,38	1,50	0,97
3	mirreno	993	991	3,42	3,15	3,73	3,04	3,01	3,61	3,59	4,20	-	5,01	6,16	5,16	3,67
4	alfa felandreno	1005	1003	1,80	2,93	3,17	2,75	2,83	3,20	3,25	4,34	-	4,35	6,37	4,67	3,31
5	alfa terpineno	1018	1017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	cimeno (para)	1023	1025	1,47	0,10	0,15	0,23	1,00	-	1,00	-	-	-	-	-	0,33

														continua		
7	beta felandreno	1028	1030	46,15	43,84	48,39	44,45	43,68	45,60	48,53	54,10	-	56,35	72,99	63,68	47,31
8	3-delta careno	1031	1031	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	(Z) beta ocimeno	1035	1037	1,91	3,01	2,91	1,87	1,73	2,34	2,45	3,62	-	1,93	3,96	3,22	2,41
10	(E) beta ocimeno	1046	1050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	gama terpineno	1058	1060	-	0,19	-	0,23	0,24	-	-	-	-	-	-	0,35	0,08
12	4- terpineol	1163	1177	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	delta elemeno	1338	1348	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	alfa copaeno	1374	1377	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	beta cariofileno	1419	1425	-	-	0,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,06
16	aromadendreno	1450	1441	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	gama gurjuneno	1477	1496	0,62	0,74	0,58	0,76	-	-	-	-	-	-	-	0,70	0,28
18	germacreno D	1485	1485	1,94	3,26	2,83	2,20	3,12	3,14	3,04	-	5,71	2,95	-	1,65	2,49
19	gama amorfeno	1496	1497	1,43	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22
20	biciclogermacreno	1496	1500	6,20	13,38	10,68	11,18	11,01	12,41	12,01	9,10	20,59	11,34	3,51	7,57	10,75
21	gama cadineno	1510	1514	0,32	0,55	0,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,13
22	delta cadineno	1527	1523	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	nerolidol	1553	1533	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	germacreno B	1556	1561	0,48	0,39	0,59	2,49	0,99	-	0,70	-	-	-	-	0,53	0,51



APENDICE B – matriz de dados ambientais do período de estudo período de estudo - sul 1,2 e 3.

	alt	ToC	Ins	pre	%_are	%_sil	%_arg	ph	ca	mg	al	h_al	ctc_efe	sat_al
sul 1	64	27,0	956	150	78,0	4,0	18,0	4,3	0,1	0,1	0,9	3,1	1,2	75,0
sul 1	64	28,0	878	70	78,0	4,0	18,0	4,3	0,1	0,1	0,9	3,1	1,2	75,0
sul 1	64	30,0	918	30	78,0	4,0	18,0	4,3	0,1	0,1	0,9	3,1	1,2	75,0
sul 1	64	29,0	752	10	78,0	4,0	18,0	4,3	0,1	0,1	0,9	3,1	1,2	75,0
sul 1	64	33,0	607	30	78,0	4,0	18,0	4,3	0,1	0,1	0,9	3,1	1,2	75,0
sul 1	64	32,0	594	20	78,0	4,0	18,0	4,3	0,1	0,1	0,9	3,1	1,2	75,0
sul 1	64	29,0	509	10	78,0	4,0	18,0	4,3	0,1	0,1	0,9	3,1	1,2	75,0
sul 1	64	25,0	182	45	78,0	4,0	18,0	4,3	0,1	0,1	0,9	3,1	1,2	75,0
sul 1	64	26,0	480	20	78,0	4,0	18,0	4,3	0,1	0,1	0,9	3,1	1,2	75,0
sul 1	64	26,0	122	250	78,0	4,0	18,0	4,3	0,1	0,1	0,9	3,1	1,2	75,0
sul 1	64	30,0	401	300	78,0	4,0	18,0	4,3	0,1	0,1	0,9	3,1	1,2	75,0
sul 1	64	33,0	392	400	78,0	4,0	18,0	4,3	0,1	0,1	0,9	3,1	1,2	75,0
sul 2	66	27,0	956	150	78,0	4,0	18,0	4,2	0,1	0,1	1,0	3,9	1,3	76,9
sul 2	66	28,0	878	70	78,0	4,0	18,0	4,2	0,1	0,1	1,0	3,9	1,3	76,9
sul 2	66	30,0	918	30	78,0	4,0	18,0	4,2	0,1	0,1	1,0	3,9	1,3	76,9
sul 2	66	28,0	750	10	78,0	4,0	18,0	4,2	0,1	0,1	1,0	3,9	1,3	76,9
sul 2	66	32,0	759	30	78,0	4,0	18,0	4,2	0,1	0,1	1,0	3,9	1,3	76,9