



UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE - UERN  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – FANAT  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS NATURAIS – PPGCN  
MESTRADO EM CIÊNCIAS NATURAIS – MCN



**ESTRESSE HÍDRICO E ADUBAÇÃO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E ÓLEO  
ESSENCIAL DE *Hyptis suaveolens* (L.) POIT**

MARIA VALDIGLEZIA DE MESQUITA ARRUDA

MOSSORÓ/RN

2016

MARIA VALDIGLEZIA DE MESQUITA ARRUDA

**ESTRESSE HÍDRICO E ADUBAÇÃO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E ÓLEO  
ESSENCIAL DE *Hyptis suaveolens* (L.) POIT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciências Naturais. Área de concentração: Recursos Naturais

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cynthia Cavalcanti de Albuquerque.

Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Patricia Ligia Dantas de Moraes

MOSSORÓ/RN

2016

**Catlogação da Publicação na Fonte.**  
**Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

A773a Arruda , Maria Valdigleza de Mesquita  
Estresse hídrico e adubação na produção de biomassa e óleo  
essencial de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. / Maria Valdigleza de  
Mesquita Arruda. - Mossoró - RN,  
2015.

67 p.

Orientador(a): Profa. Dra. Cynthia Cavalcanti de Albuquerque.

Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais). Universidade do  
Estado do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Naturais. Faculdade de Ciências Exatas e Naturais.

1. Bamburral - Fertilidade do solo. 2. Disponibilidade hídrica.  
3. Esterco de aves. I. Albuquerque, Cynthia Cavalcanti de.  
II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

UERN/BC

CDD 633.2

MARIA VALDIGLEZIA DE MESQUITA ARRUDA

**ESTRESSE HÍDRICO E ADUBAÇÃO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E ÓLEO  
ESSENCIAL DE *Hyptis suaveolens* (L.) POIT**

Aprovada em 15 de março de 2016

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cynthia Cavalcanti de Albuquerque  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

---

Prof. Dr. Nildo da Silva Dias  
Universidade Federal Rural do Semi-Árido

---

Prof. Dr. Renato Silva de Castro  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.  
Campus Ipanguaçu

*A Deus criador e mantenedor de todas as coisas, sem ele nada seria possível.*

**OFEREÇO**

**DEDICO**

*A minha família pelo amor incondicional e amparo em todos os momentos de minha vida.*

## AGRADECIMENTOS

*Primeiramente a Deus, pelas bênçãos recebidas, por me ajudar a superar as dificuldades, por me guiar nessa caminhada e ser minha fortaleza e refúgio perante as dificuldades enfrentadas.*

*A minha querida e eterna orientadora, professora Dr. Cynthia Cavalcanti de Albuquerque pelo apoio, amizade, confiança e companheirismo cujo exemplo tento seguir.*

*Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais pela oportunidade para a realização de mais uma etapa de minha vida acadêmica.*

*A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concepção da bolsa de pós-graduação.*

*A minha mãe pela dedicação na minha formação como pessoa, pela presença amor e incentivo nos momentos que mais precisei*

*Ao meu querido esposo Rogério, pelo conforto em tempos mais difíceis, pelo apoio concedido, paciência, compreensão, dedicação, carinho e amor.*

*A minha filha que tanto amo, pela paciência, que mesmo pequenininha soube compreender a minha ausência.*

*Aos meus irmãos Valdiglène, José Valclerton e Valniclêdia pelo amor incondicional.*

*A todos que compõe a família do Laboratório de Cultura de Tecido Vegetal – LCTV, pela colaboração nas etapas desse trabalho, em especial a Fábio Mesquita, Vanilse Sampaio, Mônica Danielle, Gessyka Silva, Julyanna Arruda, e Marcus Emanuel. Sem vocês eu não teria conseguido.*

*Aos amigos Yáskara Brandão, Crislânia Carla, Francisco Adriano, Helaine Mirelli e Antônio Alex pelos momentos de aprendizagem compartilhados na convivência, pelas conversas, discussões, companheirismo, pela ajuda disponibilizada na construção deste trabalho e, principalmente, pelos momentos de distração possibilitados.*

*Ao Laboratório de cromatografia, em especial a técnica Simone e aos professores Dr, Arnaldo Viana e Ms. Jaécio Carlos, pela ajuda e ampla disponibilidade durante as análises.*

*Ao Laboratório de Eletroquímica e Química Analítica por disponibilizar recursos para a execução de análises.*

*Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais, pelo aprendizado e por partilharem seus conhecimentos e suas experiências de vida acadêmica. Em especial ao professor Iron Macedo pelo apoio e ajuda, na análise estatística desse trabalho.*

*Aos membros da banca, Professores Drs. Renato Silva de Castro e Nildo da Silva Dias, pelas ricas contribuições na finalização desse trabalho.*

***“E, tudo o que pedirdes na oração, crendo, o receberéis.”***

***Mateus 21. 22 (Bíblia Sagrada)***

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA

**Figura 1-** Hábito de crescimento de *Hyptis suaveolens* (L) Poit. em ambiente antropizado. Mossoró/RN, 2015.....18

**Figura 2-** Disposição e formato da folha (A), caule tetragonal com disposição de tricomas e formação inicial de floração (B) inflorescência de *Hyptis suaveolens* (C). Mossoró/RN, 2015.....29

### CAPITULO 2 - ESTRESSE HÍDRICO E ADUBAÇÃO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E ÓLEO ESSENCIAL DE *Hyptis suaveolens* (L.) POIT

**Figura 1.** Média de interação, para massa seca da parte aérea (A), relação raiz/parte aérea (B), altura da planta (C) e diâmetro do caule (D) em plantas de *Hyptis suaveolens*, em função da adubação e disponibilidade hídrica. Médias seguidas de letras minúsculas iguais para adubação e maiúsculas iguais para disponibilidade hídrica, não diferem pelo teste de Tukey (\*\*P ≤ 0,01) .....46

**Figura 2.** Média dos fatores isolados para massa seca da raiz, fator adubação \*\* (A), massa seca da raiz, fator disponibilidade hídrica\* (B), teor relativo de água\*\* (C) e proteínas totais\* (D) em plantas de *Hyptis suaveolens*, em função da adubação e diferentes regimes hídricos. Letra iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a \*\* (p<0,01) e \* a (P < 0,05) .....48

**Figura 3.** Interação do estresse hídrico e adubação nos teores de prolina livre (Pro<sub>livre</sub>) (A) e carboidratos solúveis totais (CST) (B) em plantas de *Hyptis suaveolens*. Colunas seguidas de letras minúsculas iguais para adubação e maiúsculas iguais para disponibilidade hídrica, não diferem pelo teste de Tukey (\*\*P ≤ 0,01) .....50

**Figura 4.** Interação da disponibilidade hídrica e substrato de cultivo para os teores de nitrogênio total (N<sub>Total</sub>) (A) e fósforo total P<sub>Total</sub> (B) na parte aérea de plantas de *Hyptis suaveolens*. Médias seguidas de letras minúsculas iguais para adubação e maiúsculas iguais para disponibilidade hídrica, não diferem pelo teste de Tukey (P ≤ 0,05). As barras nas colunas indicam o erro-padrão da média.....52

**Figura 5.** Teores de potássio na parte aérea \* (A) e nas raízes \*(B), rendimento do óleo essencial\*\* (C) e concentração de fósforo total nas raízes ([P<sub>Total</sub>]<sub>raiz</sub>) \*\* (D) em plantas de *Hyptis suaveolens* sob influência da adubação e disponibilidade hídrica. Letra iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a \*\* (p<0,01) e \* a (P < 0,05). As barras nas colunas indicam o erro-padrão da média.....53

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA

**Tabela 1-** Composição química elementar (base seca) de resíduos orgânicos de origem animal.....29

### CAPITULO 2 - ESTRESSE HÍDRICO E ADUBAÇÃO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E ÓLEO ESSENCIAL DE *Hyptis suaveolens* (L.) POIT

**Tabela 1-** Características físico-químicas das amostras dos substratos de cultivos no início dos experimento. Mossoró/ RN, 2015.....42

**Tabela 2.** Resumo das análises de variância das características avaliadas de massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e relação raiz/ raiz parte aérea (R/PA) em plantas de *Hyptis suaveolens* submetidas a adubação e diferentes regimes hídricos. Mossoró. RN, 2015.....45

**Tabela 3.** Resumo de análise de variância para as características avaliadas de alturas das plantas (ALP), diâmetro do caule (DC) e teor relativo de água (TRA) em plantas de *Hyptis suaveolens* em função da adubação e diferentes regimes hídricos. Mossoró/RN, 2015.....45

**Tabela 4.** Resumo de análise de variância para os teores de prolina livre, carboidratos solúveis totais e proteínas totais em plantas de *Hyptis suaveolens* sob efeito da interação da adubação e disponibilidade hídrica. Mossoró/RN, 2015.....49

**Tabela 5.** Resumo das análises de variância, médias e erro-padrão dos teores de clorofilas a, b e totais em plantas de *Hyptis suaveolens* submetidas a adubação e diferentes regimes hídricos. Mossoró/RN, 2015.....51

## LISTA DE SIGLAS

**ABA** - Ácido abscísico

**ANAVA**- Análise de variância

**C** – Carbono

**Cd** – Cádmió

**cm** – Centímetro

**Cu** - Cobre

**DA** - Densidade aparente

**DH** - Disponibilidade Hídrica

**g** – Gramas

**g g<sup>-1</sup>** - Grama por grama

**g kg<sup>-1</sup>** - Grama por quilograma.

**K<sub>2</sub>O** - Potássio

**µg g<sup>-1</sup>MF**- Micrograma por grama de matéria fresca

**µL mL<sup>-1</sup>** - microlitro por ml

**µMg<sup>-1</sup>MF** - Micro molar por grama de matéria fresca

**m** - Metro

**Mg** - Magnésio

**mg kg<sup>-1</sup> MS** - Miligrama por quilograma de massa seca

**mg mL<sup>-1</sup>**- Miligrama por ml

**mm** - Milímetros

**N** - Nitrogênio

**Ni** - Níquel

**°C** - Graus Celsius

**OMS** - Organização Mundial da Saúde

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** - Óxido de Fósforo

**Pb** - Chumbo

**pH** -Potencial Hidrogeiônico

**S** - Sódio

**ST**- Sólidos totais

**STD** - Sólidos totais dissólvidos

**Zn** - Zinco

## SUMÁRIO

### **CAPITULO 1- INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DE LITERATURA**

<b>1.0 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
1.1.1 Geral.....	16
1.1.2 Específico.....	16
<b>1.2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>16</b>
1.2.1 O USO DE PLANTAS MEDICINAIS.....	16
1.2.2 <i>Hyptis suaveolens</i> (L) POIT.....	17
1.2.3 ESTRESSES ABIÓTICOS E MECANISMO DE TOLERÂNCIA DAS PLANTAS.....	20
1.2.4 DEFICIÊNCIA HÍDRICA E DESENVOLVIMENTO VEGETAL.....	22
1.2.5 ÓLEOS ESSENCIAIS.....	25
1.2.6 ADUBAÇÃO ORGÂNICA E INORGÂNICA.....	27
<b>1.3 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>30</b>
<b>CAPITULO 2 - ESTRESSE HÍDRICO E ADUBAÇÃO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Hyptis suaveolens</i> (L.) POIT.</b>	
<b>RESUMO.....</b>	<b>40</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>40</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>41</b>
<b>MATERIAL E METODOS.....</b>	<b>42</b>
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE A- DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO DO VASO .....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE B -DESCRIBÇÃO DAS ANÁLISES BIOQUÍMICA.....</b>	<b>61</b>

## **CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

## 1.0 INTRODUÇÃO GERAL

Ao longo do processo evolutivo, o homem aprendeu a selecionar plantas para a sua alimentação e para o alívio de seus males e doenças (FERREIRA; PINTO, 2010). Desde então, as plantas medicinais e aromáticas passaram a ser utilizadas como um recurso natural não esgotável. As plantas medicinais ganharam seu espaço não só no Brasil, mas também em outros países, por sua eficiência e facilidade em atender ao consumidor que pode obtê-las de forma natural ou mesmo comercializadas (NUNES et al., 2003).

O uso da fitoterapia, no tratamento de doenças tem despertado o interesse da comunidade científica no desenvolvimento de pesquisas, visando principalmente o aumento da produtividade de plantas medicinais, sem comprometer os princípios ativos. É importante salientar que para um aproveitamento mais eficiente da biodiversidade, há uma preocupação em promover o uso racional de plantas medicinais, levando em consideração as práticas médicas tradicionais e o rigor científico no cuidado à saúde (SANTOS et al., 2004; SILVA, 2010).

A família Lamiaceae inclui aproximadamente 258 gêneros e 7.193 espécies, sendo 40% delas com propriedades aromáticas (MALENDO et al., 2003). Dentre os gêneros, destaca-se o *Hyptis*, rico em espécies de grande importância econômica e etnofarmacológica (FALCÃO; MENEZES, 2003). *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. é uma planta anual, produtora de óleo essencial rico em mono e sesquiterpenos (MARTINS et al., 2006), nativa do continente americano distribuída nas regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, sua distribuição ocorre em todo o território nacional, com forte ocorrência em pastagens, de culturas anuais e perenes (LORENZI; MATTOS, 2002). É conhecida vulgarmente como bamburral, erva-canudo, sambacoité, alfazema-brava, alfazema-de-caboclo, salva-limão e alfavacão (LORENZI; MATTOS, 2002).

Esta espécie tem sido muito estudada devido ao seu óleo essencial, que apresenta uma elevada atividade antifúngica, antibacteriana, anticarcinogênica e ação anti-séptica (MALELE et al., 2003; MOREIRA et al., 2010), além de apresentar atividades nematocida e larvicida, devido à presença de D-limoneno e mentol (FALCÃO; MENEZES, 2003). Na medicina popular tem sido utilizada como antitussígeno, sudoríferas, antiespasmódicas e úteis no tratamento da gota (CORRÊA, 1981).

O que se tem observado, no entanto, é que o manejo das espécies medicinais não tem sido satisfatório devido à falta de padronização durante o cultivo, colheita, armazenamento ou mesmo no preparo de fitomedicamentos (PRAVUSCHI, 2008). Além disso, o estudo agrônomico dessa espécie torna-se necessários, visando principalmente produções em larga

escala para obtenção de grandes quantidades de matéria prima para extração de compostos bioativos e produção de produtos farmacológicos, levando-se em consideração a melhor eficiência do uso da água e o aspecto nutricional.

A produção de biomassa e síntese de princípios ativos nas plantas medicinais depende de fatores, como genético, climático, edáfico, além dos relacionados ao manejo, qualidade do cultivo, origem geográfica, época de colheita, tipo de adubação e nutrição mineral, que podem influenciar consideravelmente na produção e na qualidade do óleo, principal produto produzido pela espécie (SALES et al., 2009).

Ao estudar a composição química do óleo essencial de *H. suaveolens*, Silva et al. (2003) verificaram que a maior percentagem de óleo se encontrava nas inflorescências (0,068%), em relação ao caule (0,007%) e folhas (0,03%). De acordo com os resultados de outros autores, estudando a mesma espécie em várias regiões do mundo, a variação do rendimento ficou ainda mais evidente. Por exemplo: Plantas da Amazônia apresentaram rendimento de 0,6% (LUZ et al., 1984), na Nigéria, o rendimento foi de 1,5%, (IWU et al., 1990), no Nordeste paraense os valores variaram entre 0,5 a 0,1% e foram detectados 3 compostos majoritários: endo-fenchol/1,8-cineol, 1,8-cineol, e 1,8-cineol/endo-fenchol (ZOGHBI et al. 2008).

Entre os fatores que interferem na composição química da planta, a nutrição e a condição hídrica merecem destaque, pois a deficiência ou excesso de água e nutrientes podem interferir na produção de biomassa e na qualidade de princípio ativo (MAPELI et al., 2005).

A adubação orgânica tem sido um dos principais fatores responsáveis pela elevação da produtividade em plantas (MAIA et al., 2008). Pois além de fornecer nutrientes, proporciona benefícios à estrutura física e química do solo (ROSAL et al., 2011). Já uma boa disponibilidade hídrica no solo, garante excelentes desempenhos no estágio vegetativo, aumentando a área foliar e produção de folhas, bem como crescimento em altura (MEIRA et al., 2013).

Para a *H. suaveolens* torna-se importante investigar a influência da adubação em função das condições hídricas, pelo fato dessa espécie ser muito influenciada pelo meio onde se encontra. Além disso, levando em consideração que a água é um recurso relativamente escasso, principalmente no semiárido brasileiro, buscar por espécies que otimizem a produção de compostos bioativos de qualidade com a melhor eficiência no uso da água torna-se de extrema importância.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Geral

Avaliar o efeito do estresse hídrico e a adubação na produção de biomassa e óleo essencial de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit

### 1.1.2 Específico

- Quantificar a produção de biomassa seca e teor relativo de água (TRA) na planta;
- Determinar a altura e diâmetro do caule ao final do experimento;
- Quantificar teores de prolina, proteínas totais, carboidratos totais, clorofila a e b, em folhas de *H. suaveolens*;
- Determinar os teores de macronutrientes N, P e K da parte aérea e radicular;
- Avaliar o rendimento do óleo essencial de *Hyptis suaveolens* (L.) POIT.

## 1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.2.1 O USO DE PLANTAS MEDICINAIS.

A utilização dos recursos naturais, sobretudo a flora, para os seus mais diferentes fins, nasceu juntamente com a humanidade. Quando se fala então no uso de espécies vegetais para fins medicinais, essa relação tem se mostrado ainda mais primitiva. Desde as civilizações mais antigas o uso de plantas medicinais vem sendo considerada uma das práticas mais remotas utilizadas pelo homem na busca da cura, prevenção e tratamento de doenças, servindo como importante fonte de compostos biologicamente ativos (ANDRADE et al., 2007).

O uso de plantas medicinais pela população mundial tem sido muito significativo nos últimos tempos. Dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) mostram que cerca de 80% da população mundial fez uso de algum tipo de planta na busca de alívio de alguma sintomatologia desagradável (LIMA et al., 2010). Em estudo de Lins e Medeiros (2015) no intuito de avaliar o uso de plantas medicinais no tratamento de doenças gastrointestinais na cidade de Nazarezinho – PB, comprovou-se que 80,8% da população fazem uso de plantas medicinais no tratamento de doenças gastrointestinais, evidenciando, que essas plantas continuam sendo uma alternativa importante para cura ou tratamento de doenças.

Segundo a OMS, planta medicinal é qualquer planta que possui em um dos órgãos ou em toda planta, substâncias com propriedades terapêuticas ou que sejam ponto de partida na síntese de produtos químicos ou farmacêuticos.

Nesse sentido, o interesse econômico das indústrias farmacêuticas e de cosméticos por plantas medicinais tem crescido ainda mais nos últimos anos, em busca de produção e extração de produtos bioativos, tais os como óleos essenciais (CARVALHO et al., 2010). Esses óleos são definidos como misturas complexas de substâncias lipofílicas, de baixo peso molecular, geralmente odoríferas e líquidas, constituídos, na maioria das vezes, por moléculas de natureza terpênica (MORAIS, 2006). Constituem um dos mais importantes grupos de matérias primas para as indústrias de alimentos, farmacêutica, perfumaria e podem ser empregados no controle de doenças e pragas em plantas cultivadas, possuindo ação analgésicas, expectorantes, estomáquicas, antibacterianas, sedativas e estimulantes, além de possuírem características como cicatrizante, relaxante, vermífugo e antivirótico (SILVA; CASALI, 2000).

O Brasil apresenta uma grande diversidade de espécies de uso comum na medicina popular, que são conhecidas por suas propriedades medicinais. Porém, ainda faltam estudos visando uma exploração racional, com o intuito de contribuir para a conservação e manejo de muitas espécies, bem como o seu estabelecimento para o fornecimento de matéria-prima para exploração comercial, evitando o extrativismo e reduzindo, conseqüentemente, o risco de extinção (MAIA, 2006).

### 1.2.2 *Hyptis suaveolens* (L) POIT

A família Lamiaceae inclui aproximadamente 258 gêneros e 7.193 espécies, com 40% delas possuindo propriedades aromáticas (MALENDO et al., 2003). Mais da metade das espécies dessa família está restrita a somente 8 gêneros: *Salvia* (500), *Hyptis* (350), *Scutellaria*, *Coleus*, *Plectanthis* e *Stachys* (com 200 espécies cada), além de *Nepeta* (150) e *Teucrium* (100) (ALMEIDA; ALBUQUERQUE, 2002). Entre esses gêneros destaca-se o *Hyptis*, pertencente à tribo Ocimae, subtribo Hyptidinae, família Lamiaceae, com cerca de 400 espécies, com ampla distribuição no continente americano. São plantas conhecidas por apresentar espécies de grande importância econômica e etnofarmacológica e possuem grande diversidade na forma vegetativa, desde anual efêmera (*Hyptis nudicaulis* Benth) até árvores pequenas (*Hyptis arborea*), mas há uma predominância de subarbustos ou ervas perenes (MAIA, 2006). Entre as espécies que compõe esse gênero, destaca-se *Hyptis suaveolens* (L.) POIT., nativa de todo continente americano, distribuída nas regiões tropicais e subtropicais (FALCÃO; MENEZES, 2003)

No Brasil, a distribuição *H. suaveolens* ocorre em todo o território nacional, sendo frequentemente encontrada em locais que foram submetidas à ação antrópica (Figura 1), como

pastagens, culturas anuais e perenes (LORENZI; MATTOS, 2002). A espécie é anual, subarborescente, com altura que varia de 0,50 a 1,90 m, podendo atingir até 3 m dependendo do ambiente onde se encontra (MAIA, 2006) e é conhecida vulgarmente como bamburral, sambacoité, mentrasto-do-grande, cheirosa, alfavacão, alfavaca-de-caboclo, alfavaca-de-caboclo, alfavaca-brava, salva-limão, betônica-brava, metrasto-graçú, são-pedro-caá, melissa-de-pon, pataquera, betônia-branca e chá-de-frança (LORENZI; MATTO, 2002).

As plantas são preferencialmente alógamas, porém apresentam autopolinização como estratégia de adaptação às condições inóspitas à troca de material genético (NASS, 2001). Suas folhas são classificadas como simples opostas, penínervas, pubescentes em ambas as faces, entremeadas com tricomas glandulares, nervuras proeminentes na face abaxial, margem foliar serrada, ápice agudo, lâmina oval ou subornada e muito aromáticas, as lâminas podem medir 4,0-8,0 x 3,0-5,5 cm largura e o pecíolo é subquadrangular, canaliculado, medindo de 3,0-8,0 cm de comprimento (BASÍLIO et al., 2006; SILVA et al., 2003). A face adaxial da folha também apresenta tricomas (Figura 2), local de síntese e armazenamento do óleo essencial dessa espécie, no entanto com menor densidade (MARTINS et al., 2009)

**Figura 1-** Hábito de crescimento de *Hyptis suaveolens* (L) POIT. em ambiente antropizado. Mossoró/RN, 2015



Fonte: Acervo de pesquisa (2015)

O caule apresenta formato tetragonal, pubescente, com tricomas glandulares entremeados; as flores são pequenas, sésseis, protegidas por brácteas filiformes, de cor azul-rosada, reunidas em pequenos grupos nas axilas foliares do ápice dos ramos (Figura 2). Floresce normalmente nos meses de dezembro a abril e sua reprodução se dá por sementes (LORENZI; MATTOS, 2002) ou vegetativamente (MAIA et al., 2008; SILVA et al., 2011).

**Figura 2-** Disposição e formato da folha (A), caule tetragonal com disposição de tricomas e formação inicial de floração (B) inflorescência de *Hyptis suaveolens* (C). Mossoró/RN, 2015



Fonte: Acervo de pesquisa (2015)

Na medicina popular, a espécie tem sido utilizada como antitussígeno, sudoríferas, antiespasmódicas e úteis no tratamento da gota (CORRÊA, 1981). O infuso das flores e folhas também é indicado no tratamento de cólicas menstruais, problemas digestivos, gripes, febres e cefaleias (AGRA et al., 2007). Na Índia, são utilizadas em afecções respiratórias, do útero e doenças parasitárias (MAIA, 2006).

Vários estudos já foram conduzidos com esta planta visando validar as propriedades medicinais a ela atribuídas pela medicina tradicional. Tais atividades estão relacionadas às propriedades dos princípios bioativos existentes em seu óleo, que apresenta um elevado potencial antifúngico, antibacteriano, anticarcinogênica e ação antisséptica (MALELE et al., 2003.; MBATCHOU et al., 2010.; MOREIRA et al., 2010), atividades nematicida e larvicida, devido à presença de D-limoneno e mentol (FALCÃO; MENEZES, 2003).

Na composição química do óleo essencial desta espécie encontram-se compostos das seguintes classes: monoterpênicos, sesquiterpênicos, alcanos, benzotiazol, diterpênicos, triterpênicos e esteróides (FALCÃO; MENEZES, 2003; SILVA, et al., 2003)

A atividade antimicrobiana foi constatada recentemente por Moreira et al. (2013) ao avaliar o efeito inibitório do óleo de *H. suaveolens* sobre o crescimento fúngico do *Aspergillus flavus*. Os autores obtiveram 100% de inibição na germinação dos esporos e no crescimento micelial, nas concentrações de 40 e 80  $\mu\text{LmL}^{-1}$ .

Outras atividades medicinais da espécie também foram comprovadas, a exemplo dos recentes estudos realizados por Jesus et al. (2013) que verificaram que o extrato alcoólico de *H. suaveolens* aplicado em ratos via oral, foi eficaz no tratamento de úlceras gástricas intestinais. As atividades antioxidante e neuroprotetora da espécie também foram comprovadas em células de ratos com neurotoxicidade oxidativa induzida por estresse (GHAFARI et al., 2014).

A espécie *H. suaveolens* tem mostrado um alto grau de variabilidade quando se trata da constituição e quantificação do óleo essencial, diferindo de acordo com as partes da planta, a origem geográfica, condições nutricionais, hídricas e demais fatores ambientais (AZEVEDO et al., 2002; MALELE et al., 2003; SILVA et al., 2003; MAIA et al., 2008; MOREIRA et al., 2010; VIJAY et al., 2011).

Silva et al., (2003) ao estudar o rendimento do óleo essencial dessa espécie, verificou que a maior percentagem de óleo se encontrava nas inflorescências (0,068%), em relação ao caule (0,007%) e folhas (0,03%). Quando comparado esses rendimentos com os resultados de outros autores, distribuído em outras regiões do mundo, a variação do rendimento ficou ainda mais evidente, por exemplo, plantas da Amazônia apresentaram rendimento de 0,6% (LUZ et al., 1984) em comparação com plantas da Nigéria (IWU et al., 1990), que apresentou rendimento de 1,5%.

Sabe-se que além dos estudos medicinais desta espécie, também são importantes estudos agrônomico envolvendo, por exemplo, estratégias voltadas para o aumento do rendimento do óleo essencial, visto que, há poucos trabalhos na literatura sobre o comportamento dessa espécie sob condições de cultivos, objetivando aumentar a produtividade de biomassa e óleo essencial.

A influência dos fatores ambientais tem sido fortemente estudada em função da produtividade em plantas. Diferenças quantitativas e qualitativas na composição do óleo essencial de *H. suaveolens* são claramente percebidas. (MARTINS et al., 2006), Estudo realizado por Vijay et al. (2011) mostrou que as propriedades qualitativas e quantitativas de óleos essenciais de três diferentes populações de *H. suaveolens* (L.) Poit variaram em função das diferenças localizações geográficas.

### 1.2.3 ESTRESSES ABIÓTICOS E MECANISMO DE TOLERÂNCIA DAS PLANTAS.

Estresse é um conjunto de reações de um organismo a agressões de origem física, química, fisiológica, ou de outra natureza, capaz de influenciar em seu estado normal de equilíbrio, ou seja, na sua homeostase (FANCELLI, 2003; LARCHER, 2004).

Os vegetais crescem e se reproduzem em um ambiente complexo, composto de uma multiplicidade de agentes estressantes de origem bióticos e/ou abióticos. O estresse biótico é causado por perturbações de natureza biológica, tais como ataque de pragas, infecções microbianas, influências de herbívoros e até mesmo de outras plantas. Já o estresse abiótico é causado principalmente por fatores químicos e físicos, os quais estão relacionados à localização geográfica e variações edafoclimáticas, tais como falta ou excesso de vento, luminosidade, temperaturas extremas, disponibilidade hídrica, deficiência de nutrientes minerais, salinidade, dentre outros (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As flutuações desses fatores ambientais fora dos limites normais tem em geral consequências estressantes para as plantas, que por sinal, podem responder de diversas formas aos estímulos proporcionados por cada fator ou ao conjunto deles. Segundo Larcher (2004) esses fatores causadores de estresse, normalmente são oriundos de desequilíbrios entre a entrada e a saída de energia de um ecossistema ou anomalias (excesso ou deficiência) na ciclagem de nutrientes, submetendo os vegetais a situações para as quais não estão adaptados. Nessas circunstâncias os vegetais possuem vários mecanismos que lhes permitem sobreviverem e, com frequência, desenvolverem-se nos ambientes complexos onde vivem. Tais mecanismos conferem resistência e podem ser classificados como adaptação, aclimatização ou plasticidade fenotípica (DEBAT; DAVID, 2001)

Os mecanismos de adaptação envolvem mudanças genéticas na população inteira, que foram fixadas por seleção natural durante muitas gerações. Por outro lado, indivíduos vegetais expostos repetidas vezes ao mesmo estímulos também podem responder às mudanças ambientais, sem modificação genética, alterando diretamente sua fisiologia ou morfologia para que possa sobreviver ao novo ambiente. Nesse caso, a resposta é de aclimatização (PIMENTEL, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2013). A adaptação ao nível populacional, ou a aclimatização, ao nível de uma planta individual, ocorre por meio da combinação de processos metabólico, morfológicos, e anatômicos, que, por sua vez, dependem de processos moleculares (GASPAR et al., 2002).

Dentre os principais fatores abióticos que influenciam o crescimento e o desenvolvimento vegetal estão a água; os minerais presentes na solução do solo; a temperatura e a luz. Alterações nesses fatores, de forma conjunta ou isolada, podem induzir as plantas a experimentar estresses fisiológicos, e isso é definido como um desequilíbrio (TAIZ E ZEIGER, 2013).

Os desequilíbrios induzidos por fatores abióticos no ambiente, dentre os quais destaca-se o estresse hídrico, causam efeitos primários e secundários nas plantas. Os primários estão relacionados à redução do potencial hídrico e à desidratação celular, que alteram diretamente as propriedades físicas e químicas da célula, que por sua vez, podem provocar efeitos secundários. Esses últimos, podem causar alteração da atividade metabólica, citotoxicidade iônica e a produção de espécies reativas de oxigênio, que iniciam e aceleram o rompimento da integridade celular, podendo, por fim, provocar a morte celular (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Vale salientar, que em condições naturais, os estresses abióticos podem ocorrer simultaneamente, causando às vezes, danos irreversíveis às plantas. Sabe-se ainda que em condições de restrição hídrica o metabolismo do nitrogênio é afetado em função da sensibilidade da enzima redutase do nitrato (MATOS et al., 2014), no entanto, estudos avaliando a possibilidade da minimização dos efeitos do déficit hídrico em condições nutricionais adequada ainda são escassos.

#### 1.2.4 DEFICIÊNCIA HÍDRICA E DESENVOLVIMENTO VEGETAL

A disponibilidade hídrica é considerada um dos fatores de maior efeito sobre a produtividade agrícola porque determina a distribuição das espécies nas diferentes zonas climáticas do globo (PIMENTEL, 2004) e proporciona a solubilização e a disponibilização dos nutrientes do solo para as plantas (MOROUELLI et al., 2011)

Assim como em outros organismos, a água, nas plantas, constitui a maior porção do volume celular e é o recurso limitante mais importante. Cerca de 97% da água captada pelas plantas é perdida para atmosfera, principalmente pela transpiração, aproximadamente 2% é usado para aumento do volume ou expansão celular e 1% para os processos metabólicos, predominantemente a fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013). Contudo, apesar dos estudos, sabe-se que o conhecimento sobre comportamento fisiológico de espécies vegetais, ainda é incipiente, haja vista que a atribuição de sensibilidade ou tolerância para uma referida espécie é considerada uma tarefa complexa, pois exige do pesquisador a avaliação conjunta das variáveis estudadas (NASCIMENTO, 2009).

De uma forma geral, espécies vegetais que desenvolvem-se em áreas sujeitas ao déficit hídrico possuem mecanismos de tolerância à seca que podem ser classificadas da seguinte forma:

(I) Escape à seca: a habilidade de desenvolver-se rapidamente antes do período seco, completando seu ciclo de vida;

(II) Tolerância à seca com baixo potencial hídrico: a habilidade da planta de tolerar a seca por meio do ajuste osmótico;

(III) Tolerar a seca com alto potencial hídrico: a habilidade da planta de evitar a desidratação por meio do fechamento estomático, diminuição da área foliar e alterações da razão raiz/parte aérea, para manutenção do status hídrico (TURNER, 1986).

Algumas espécies apresentam comportamento diferenciado ao serem submetidas ao estresse hídrico, tais espécies conseguem completar seu ciclo de vida somente nos períodos chuvosos e são classificadas como anuais, pois passam grande parte de suas vidas como sementes capazes de sobreviver a longos períodos de estiagem (SOUZA et al., 2009). Estas espécies conseguem germinar, crescer, produzir flores e propágulos e serem dispersos no ambiente no pequeno intervalo de tempo (GUREVITCH et al., 2009). Portanto, a adaptabilidade das plantas em condições de estresse é influenciada pela duração e magnitude do estresse, além do tempo ao qual são submetidas e a variabilidade genética (LEPRINCE; BUITINK, 2010; SILVA et al., 2010). Independente da fase do desenvolvimento, situações em que a demanda evaporativa é alta e há limitado suprimento de água nas raízes, todos os aspectos de crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados pela deficiência hídrica nos tecidos (MARTINS et al., 2010). As consequências desse estresse são marcadas pela desidratação do protoplasto, resultando na diminuição do volume celular e elevando as concentrações de solutos no citoplasma e matrizes extracelulares. Dessa maneira, o processo de crescimento, principalmente em expansão que é dependente da turgescência celular, é fortemente afetado (NOGUEIRA et al., 2005). Estudando o estresse hídrico sob crescimento e metabolismo de mudas de mutambo (SCALON et al., 2011), *Myracrodruon urundeuva* (FIGUEROA et al., 2004) e *Melissa officinalis* (MEIRA et al., 2013) verificou-se redução do crescimento da parte aérea e das raízes nas plantas sob menor deficiência hídrica. Para alcançar esses resultados, geralmente os pesquisadores adotam a análise de diversas variáveis de crescimento, a qual é uma ferramenta imprescindível no estudo dos efeitos da seca e suas reações intrínsecas nos vegetais (BENINCASA, 2003).

Em relação ao crescimento radicular, algumas espécies tendem a incrementar o crescimento das raízes após a submissão à restrição hídrica. Esse comportamento está relacionado à arquitetura radicular e sua capacidade de exploração das camadas mais profundas e úmidas do solo. Essas características, juntamente com maior razão raiz/parte aérea, são importantes para o escape ao déficit hídrico (FILHO et al., 2008).

Quando o potencial da água é reduzido nas raízes, verifica-se em várias espécies um rápido ajuste osmótico, auxiliando o restabelecimento da pressão de turgor, permitindo a

manutenção do alongamento celular. Em contraste, o ajuste osmótico nas folhas ocorre mais lentamente, levando à diminuição ou à parada da extensão das paredes celulares e ao menor crescimento da parte aérea (HSIAO; XU, 2000). Outra forma de se avaliar a influência do estresse hídrico sobre as relações hídricas nos vegetais é pela determinação do teor relativo de água (TRA), que consiste na medida da deficiência de água nas folhas em função do peso e da quantidade de água nos tecidos foliares (NASCIMENTO, 2009). Essa técnica de avaliação pode ser utilizada como uma variável de avaliação do status hídrico, bem como do nível de estresse hídrico enfrentado pelo vegetal, pois expressa o déficit existente no momento da amostragem, podendo ser facilmente quantificado, além de ser extremamente confiável (NOGUEIRA et al., 2005; MARAGHNI et al., 2011).

Em relação aos pigmentos fotossintéticos, de maneira geral, os mais presentes nos vegetais são as clorofilas a e b, os carotenoides e as ficobilinas (LISAR et al., 2012; SILVA et al., 2014). Tais pigmentos apresentam papel fundamental nos processos de síntese vegetal, pois estão diretamente associados ao potencial da atividade fotossintética (LIU et al., 2011; SILVA et al., 2014). Sob condições de estresse hídrico, a fotossíntese é particularmente afetada, pois a perda de clorofila provoca declínio progressivo na capacidade das plantas de absorver energia luminosa para síntese de fotoassimilados (SILVA et al., 2014). Por isso, a análise dos pigmentos fotossintéticos é uma importante ferramenta para avaliação da sanidade e integridade dos aparatos internos da célula durante o processo de fotossíntese (RONG-HUA et al., 2006), e é também, uma técnica precisa para detecção de plantas tolerantes ao estresse hídrico (JABEEN et al., 2008). Embora a falta de água desencadeie na maioria dos casos déficits de pigmentos fotossintéticos, estudos realizados por Liu et al., (2011) relatam incrementos nos teores de clorofila em espécies arbóreas após serem submetidas ao estresse hídrico. Essa característica, segundo os autores pode estar ligada ao processo de ajustamento osmótico que juntamente com outros processos fisiológicos garante a sobrevivência do vegetal a situações hídricas adversas.

Outra forma importante de estudar os efeitos do estresse hídrico nas plantas é a quantificação de solutos presentes tanto nas folhas, quanto nas raízes. Na presença de déficit hídrico, as plantas utilizam-se de estratégias para diminuir os efeitos da seca, como o ajustamento osmótico, por exemplo. Essa estratégia, consiste em baixar o potencial osmótico da célula, por meio da síntese de osmorreguladores, tais como açúcares, prolina, glicina betaína, dentre outros, para que a célula absorva água e mantenha o potencial hídrico em níveis adequados (MARIJUAN; BOSCH, 2013.; MORANDO et al., 2014). Os osmorreguladores ainda contribuem para preservação da integridade de proteínas, enzimas e membranas celulares. O acúmulo desses solutos compatíveis não é nocivo ao metabolismo celular e, por aumentar a

pressão osmótica no interior das células, mantêm a absorção de água e a pressão de turgor das mesmas, o que favorece a continuidade dos processos fisiológicos, ainda que em níveis menores (MARIJUAN; BOSCH, 2013).

A prolina é um aminoácido formado por meio da reação entre a carboxila gama do glutamato e o ATP resultando no composto denominado glutamato-5-fosfato. Esse aminoácido tem se destacado na literatura como sendo um soluto compatível que ocorre em células vegetais em resposta a estresses ambientais (COELHO, 2012). Em plantas sob estresse, o conteúdo de prolina pode aumentar até 100 vezes, em comparação ao observado em plantas cultivadas sob condições normais. Além disso, o acúmulo desse aminoácido fornece um importante parâmetro para a seleção de plantas resistentes (VERBRUGGEN; HERMANS, 2008).

O metabolismo das proteínas e dos aminoácidos também é fortemente afetado pela dessecação, visto que, tais condições favorece o aumento da atividade de enzimas proteolíticas, que quebram as proteínas de reservas das plantas, elevando os teores de aminoácido livres, consequentemente favorecendo a síntese da própria prolina, nos tecidos foliares (FERREIRA et al., 2002; LECHINOSKI et al., 2007)

A condição nutricional das plantas também pode ser fortemente afetada pela baixa disponibilidade hídrica do solo (NOVAIS et al. 1990), visto que, a disponibilidade de nutrientes para as raízes é dependente do teor de umidade do solo. Para Barber (1974), o déficit hídrico rigoroso diminui ou inibe a absorção de nutrientes pelas plantas, devido à água ser o veículo por meio do qual os íons se movimentam da solução do solo para o sistema radicular das plantas, principalmente quando este movimento se dá por fluxo de massa e difusão. Tal comportamento foi relatado em estudo de Carvalho et al. (2015), em que observou-se que plantas de canafístula (*Peltophorum dubium*) sob adubação e estresse hídrico severo tiveram seu desenvolvimento diminuído em relação as plantas sem estresse hídrico e sem adubação. Segundo esses autores, tal comportamento está atrelado a baixa umidade do solo. Sugerindo que o menor teor de umidade no solo imposto às mudas de canafístula causou mais impacto no peso seco da parte aérea do que a disponibilidade de nutrientes.

Outro mecanismo também fortemente afetado, é a produção de compostos do metabolismo secundário, como os óleos essenciais. Porém, poucos são os trabalhos referentes ao efeito do estresse hídrico sobre tais produtos, visto que, o comportamento parece variar bastante com o tipo, a intensidade e a duração do estresse, podendo aumentar ou diminuir o teor de óleos essenciais (PRAVUSCHI et al., 2010)

### 1.2.5 ÓLEOS ESSENCIAIS

Óleos essenciais são compostos naturais, instáveis na presença de luz, ar, temperatura, umidade e metais. Apresentam propriedades químicas específicas como: alta volatilidade e baixa solubilidade em água, sendo caracterizados por um forte odor sendo sintetizados por plantas aromáticas durante o metabolismo secundário (BAKKALI et al., 2008; MACHADO; JUNIOR, 2011).

O metabolismo vegetal origina produtos denominados metabólitos primários e secundários. Os metabólitos primários são o que desempenham um papel fundamental no desenvolvimento do vegetal (LELIS, 2014). Já os secundários são compostos que não possuem uma distribuição universal, pois, embora não sejam necessários para todas as plantas, são derivados dos metabólitos primários e possuem ações biológicas distintas que conferem às plantas vantagens adaptativas e estão restritos a determinados grupos vegetais (BERG; LUBERT, 2008; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Na natureza, o metabolismo secundário desempenha uma função importante na influência mútua das plantas com o ambiente. Atuam na proteção das plantas como agentes antibacterianos, antivirais, antifúngicos, inseticidas, contra ataques de insetos, agem como atrativos, para animais polinizadores e dispersores de sementes e atuam como agentes na competição planta-planta, e nas simbiose planta-microrganismo (BAKKALI, et al., 2008; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os compostos do metabolismo secundário podem ser divididos em três grupos distintos: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados. Os óleos essenciais, pertencem às mais variadas classes, contudo, quimicamente, a grande maioria é constituída predominantemente de derivados terpenóides, que são representados na maioria das vezes por monoterpenos e sesquiterpenos, os quais conferem aroma característico às folhas e outras partes da planta (LELIS, 2014). Os terpenos são biossintetizados por duas rotas diferentes: A rota do ácido mevalônico, cujo precursor é o acetil-CoA, e pela rota do metileritritol fosfato (MEP), tendo como precursores o gliceraldeído-3- fosfato e o piruvato. A primeira rota ocorre no citosol e no retículo endoplasmático e a segunda ocorre nos plastídios, porém ambas dão origem ao isopentenil pirofostato (IPP) (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Atualmente muitos estudos são realizados para avaliar o efeito de determinados estresses no desenvolvimento e produtividade de plantas medicinais (SANTOS et al, 2004). Essas pesquisas justificam-se devido ao fato de que a produção de biomassa e síntese de princípios ativos de plantas depende de vários fatores, tais como o genético; condições edafoclimáticas e hídricas; qualidade do cultivo; origem geográfica; época de colheita, tipo de adubação e

nutrição mineral, os quais podem afetar consideravelmente a produção e a qualidade dos óleos (SALES et al., 2009)

O estresse hídrico é um fator determinante para o cultivo e produção de determinadas espécies de plantas (SANTOS et al., 2004; COSCOLI, 2012). Porém, nas espécies medicinais, a seca pode, além do desenvolvimento, afetar o teor e rendimento do óleo essencial. Taiz e Zeiger (2009) relatam que o estresse hídrico é um fator positivo para muitas espécies no que diz respeito ao incremento na produção de óleos essenciais. Entretanto, segundo esses autores, o estresse deve ser moderado para estimular a produção de óleo o qual é utilizado como agente de defesa contra ataques de insetos herbívoros, propiciando dessa forma, melhores condições de sobrevivência. Em trabalho realizado por Schwerz, et al. (2015) observou-se que reposição hídrica que proporcionou maior produção de biomassa foi a de 125% da evapotranspiração (ET<sub>o</sub>). No entanto, o maior teor de óleo foi observado nas menores reposições hídricas (75 e 50 % da ET<sub>o</sub>).

Na literatura há relatos de vários estudos sobre a influência do estresse hídrico no teor, rendimento e composição de óleos essenciais. Alvarenga et al., (2011) estudou o estresse hídrico antes da colheita de alecrim-pimenta, observou que o teor de óleo essencial diminuiu de 50 a 60% com redução do potencial de água na folha em -0,3 MPa. Resultados parecidos foram descritos por Silva et al (2002) em plantas de *Melaleuca alternifolia*. Contudo, Meira et al., (2013) observou aumento na produção e teor de óleo essencial, obtidos sob menor lâmina de irrigação em plantas de *Melissa officinalis*. Pinto et al. (2014) também avaliando o estresse em diferentes intervalo de irrigação sobre capim-limão, observou que o estresse hídrico mais acentuado aumentou a produção do óleo essencial, embora, não tenha gerado diferenças na produtividade de matéria seca e altura das plantas.

#### 1.2.6 ADUBAÇÃO ORGÂNICA E INORGÂNICA

Os solos agrícolas são constituídos pela fração mineral e uma pequena porção de matéria orgânica. A matéria orgânica dos solos merece atenção especial, pois resulta da decomposição de resíduos animais e vegetais e varia, principalmente, com as práticas de manejo agrícola adotadas, podendo ser influenciado diretamente pelas condições edafoclimáticas de cada região (FÁVERO, 2012).

Diferentes técnicas são utilizadas com a finalidade de manejar a matéria orgânica dos solos. Dentre estas, pode-se destacar a preservação dos resíduos agrícolas deixados pelas

colheitas e a adição de esterco visando elevar, manter ou conservar os teores de matéria orgânica dos solos (FÁVERO, 2012).

De acordo com Silva e Mendonça (2007) a matéria orgânica exerce uma série de influências nas propriedades do solo, pois age como tamponante, permite a troca de cátions, ajuda na complexação de metais, agrega partículas, retém água no solo, contribui como reserva metabólica de energia para microrganismos e no compartilhamento e decomposição de nutrientes (nitrogênio, fósforo, enxofre) em forma orgânica. Além dessas vantagens, contribui para a melhoria da qualidade física, química e biológica do solo e mantém a sustentabilidade dos sistemas produtivos a médio e longo prazo.

Sabe-se hoje que vários materiais orgânicos podem ser utilizados como fertilizante, podendo estes, ser de origem animal, vegetal, agroindustrial e industrial. Independente da origem, todos são caracterizados como subprodutos de processos de produção (SILVA, 2008). Esterco de animais, resíduos de culturas e os adubos verdes constituem hoje as principais fontes de adubos orgânicos disponíveis (CQFS-RS/SC, 2004).

Os materiais orgânicos originários de granjas e de confinamento de animais, onde ocorre uma grande oferta de ração possuem a tendência de serem mais ricos em nutrientes quando comparado com os animais criados extensivamente (FAVERO, 2012). Fatores como, idade, raça, espécie e alimentação, também determinam a quantidade de nutrientes nos resíduos, visto que, normalmente animais adultos tem menor capacidade de absorção de nutrientes e excretam esterco mais ricos em nutrientes quando comparados com animais jovens (TEDESCO et al., 2008; KIEL, 2010).

Os esterco de animais possuem praticamente todos os elementos necessários ao desenvolvimento das plantas, porém, nem sempre as quantidades aplicadas às culturas são suficientes para suprir suas necessidades (RAIJ et al., 1997). O esterco de aves é reconhecidamente rico em N e é aplicado, normalmente, junto com a maravalha (cama) que é colocada para acomodar frangos de corte em aviários. Quando bem curtido, apresenta-se bem farelado, de coloração escura, sem excesso de amônia (FIGUEROA, 2008). Esse tipo de esterco é considerado o mais ricos em nutrientes quando comparados com de outros animais (Tabela 1). Ainda tem a vantagem de serem mais secos, contendo de 5 a 15% de água, comparado com 65 a 85% dos demais animais (KIEHL, 2010). Somando-se o total de nitrogênio, fósforo e potássio contido no esterco de aves, observa-se que este é duas a três vezes mais concentrado em nutrientes que dos mamíferos (CQFS-RS/SC, 2004; KIEHL, 2010).

Tabela 1- Composição química elementar (base seca) de resíduos orgânicos de origem animal.

Atributos	Resíduo animal			
	Bovino	Avícola	Ovino	Equino
C orgânico, g Kg <sup>-1</sup>	263	311	377	266
Relação C/N	18-20/1	10-11/1	32/1	18/1
N total, g Kg <sup>-1</sup>	13-37	25-54	16-40	17-18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total, g Kg <sup>-1</sup>	1-10	13-42	4-9	2-14
K <sub>2</sub> O total, g Kg <sup>-1</sup>	6-25	13-39	4-28	6-15
Ca total, g Kg <sup>-1</sup>	5-30	51	-	-
Mg total, g Kg <sup>-1</sup>	3-4,3	9-11	-	-
S total, g Kg <sup>-1</sup>	0,9-2,6	1,4-7,1	-	-
Zn total, mg kg <sup>-1</sup>	48-188	307-729	-	-
Cu total, mg kg <sup>-1</sup>	15-27	31-82	-	-
Cd total, mg kg <sup>-1</sup>	-	4,4	-	-
Ni total, mg kg <sup>-1</sup>	5,3	4,4	-	-
Pb total, mg kg <sup>-1</sup>	5,3	37,8	-	-

Adaptado de Silva, (2008)

Diferentemente dos fertilizantes minerais, à decomposição dos resíduos orgânicos é considerada muito lenta, visto que, a disponibilidade dos nutrientes às culturas não ocorrem de imediato, logo após a aplicação (SILVA, 2008). Este fator é extremamente importante quando calculamos a dose do resíduo orgânico que deve ser aplicada para suprir a necessidade da cultura. A taxa de nutrientes liberadas pelos adubos orgânicos às culturas é muito variável e, afetam a disponibilidade de nutrientes para as plantas (CQFS-RS/SC, 2004, KIEHL, 2010).

Com relação à produtividade das espécies vegetais cultivadas com esterco de aves, vários autores relataram que estudando diferentes tipos de adubação orgânica, observaram que o esterco de aves proporcionou maior produção de biomassa vegetal (COSTA al., 2008; MAIA et al., 2008), como em plantas de *Arrabidaea chica* (BRITO et al., 2015) e em plantas que produzem óleo essencial, como orégano (CORREA et al., 2010) e boldo (ROSAL et al., 2011). Os autores que avaliaram os óleos essenciais extraídos das espécies supracitadas afirmaram ainda que a adubação orgânica não influenciou no rendimento e nem na composição química desses óleos.

O esterco de aves é uma das alternativas de maior receptividade pelos agricultores e é viável no cultivo de plantas medicinais, principalmente porque contribui para conservação dos

princípios ativos das plantas, é um resíduo disponível nas propriedades produtoras de animais e é de baixo custo viabilizando financeiramente a adubação em culturas comerciais (MAIA et al., 2008; COSTA et al., 2009). Quando manejados adequadamente, o adubo orgânico, aumenta o rendimento de grãos, a fertilidade do solo, diminuem o potencial poluidor, tornando-se um importante fator agregador de renda (CHOUDHARY et al., 1996).

A adubação mineral também é considerada uma fonte essencial de nutrientes e Maia et al. (2008) defendem também, a importância de se estudar o efeito da adubação mineral, pois nem sempre os adubos orgânicos estão disponíveis e, às vezes, dependendo da fonte, seu custo pode ser alto como, o húmus de minhoca, por exemplo. Vale ressaltar as vantagens do adubo mineral, visto que os mesmos atendem às necessidades nutricionais imediatas das plantas quando estas estão em pleno desenvolvimento vegetativo. Ao testar a influência de diferentes tipos de adubação orgânica associadas com a mineral em *H. suaveolens*, Maia et al. (2008) afirmaram ter obtido resultados satisfatórios para o desenvolvimento da espécie.

Diante do exposto, fica evidente a influência das condições ambientais e nutricionais no rendimento do óleo essencial de *H. suaveolens*. Mesmo havendo variações em função da localização geográfica, e dos múltiplos fatores, o rendimento do óleo em relação a outras plantas medicinais ainda é considerado baixo, visto que em função das importantes propriedades farmacológicas da espécie há perspectivas para extração de seu óleo em larga escala.

## 1.2 REFERÊNCIAS

AGRA, M de F.; BARACHO, G.S.; BASÍLIO, I. J. D.; NURIT, K.; COELHO, V.P.; BARBOSA, D de A. Sinopse da flora medicinal do Cariri Paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 3, p 323-330, 2007.

ALMEIDA, C. F. C. B. R.; ALBUQUERQUE, U. P. Check-list of the Family Lamiaceae in Pernambuco, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 3, p. 343-353, 2002.

ALVARENGA, I.C.A. et al. Water stress before harvest of pepper-rosemary. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.7, p.706- 711, 2011.

ANDRADE, S.F.; CARDOSO, L.G.; BASTOS, J.K. Anti-inflammatory and antinociceptive activities of extract, fractions and populonic acid from bark wood of *Austroplenckia populnea*. **Journal of Ethnopharmacology**, v.109, n. 3, p. 464-471, 2007.

AZEVEDO, N. R.; CAMPOS, I. F. P.; FERREIRA, H. D.; PORTES, T. A.; SANTOS, S. C.; SERAPHIN, J. C.; PAULA, J. R.; FERRI, P. H. Chemical variability in the essential oil of *Hyptis suaveolens*. **Phytochemistry**, v. 57, n. 5, p. 733–736, 2002.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.

BASÍLIO, I. J. L. D et al. Estudo FÁrmacobotânico Comparativo das Folhas de *Hyptis pectinata* (L.) Poit. e *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Lamiaceae). **Acta Farmaceutica Bonaerense**, [S.I], v. 4, n. 25, p.518-525, 2006.

BARBER, S. A. Influence of the plant root onion movement in soil. In: CARSON, E. W. (Ed.). **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p. 524-564.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BERG, J. M. T.; LUBERT, J. **Bioquímica**. 6.Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008 .545p.

BULLETIN OF THE WORLD HEALTH ORGANIZATION. Regulatory situation of herbal medicines. A worldwide review, Geneva, 1998.

BERG, J. M. T.; LUBERT, J. **Bioquímica**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 545p.

BRITO, A. U.; CHAVES, F. C. M.; OKA, J. M.; AZEVEDO, M. M. B.; BATISTA, A. C. Produção de biomassa aérea, teor e rendimento de extrato das folhas de crajiru [*Arrabidaea chica* (Bonpl.) B. Verl.] em função de adubação orgânica em Manaus, estado do Amazonas, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.3, p.444-453, 2015.

CARVALHO, L. M. de.; COSTA, J. A. M da.; CARNELOSSI, M. A. G. Qualidade em plantas medicinais. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju. 2010, 54p.

CARVALHO, R. P de.; DAVIDE, L. M. C.; BORGES, F. L. G.; DAVIDE, A. C.; DANIEL, O. Respostas morfofisiológicas entre procedências de canafístula submetidas a diferentes condições hídricas e nutricionais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 83, p. 179-188, 2015.

COELHO, J. B. M. **Potencial osmótico, solutos orgânicos e comportamento hídrico do feijão vigna cultivado em solos salinizados**. 2012. 72f. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife

CHOUDHARY, M.; BAILEY, L. D.; GRANT, C. A CHOUDHARY, M.; BAILEY, L. D.; GRANT, C. A. Review of the use of swine manure in crop production: effects on yield and composition and on soil and water quality. **Waste Management and Reserch**, v.14, p.581-595, 1996.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

CORREA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 1981.6.v.

CORRÊA, R. M.; PINTO, J.E.B.P.; REIS, E.S.; COSTA, L.C.B.; ALVES, P.B.; NICULAN, E.S.; BRANT, R.S. Adubação orgânica na produção de biomassa de plantas, teor e qualidade de óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare* L.) em cultivo protegido. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, n.1, p.80-89, 2010

COSCOLI, R. B. dos S. **Efeito fisiológicos e bioquímicos induzidos por deficiência hídrica em plantas de *Ocimum Basilicum* L.** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNES, 2012. 82f.

COSTA, A. M ; BORGES, E. N.; SILVA, A. de A.; NOLLA, A.; GUIMARÃES, E. C. .Potencial de recuperação física de um latossolo vermelho, sob pastagem degradada, influenciado pela aplicação de cama de frango. **Ciência agrotecnológica**. v.33, p.1991-1998, 2009.

DEBAT, V.; DAVID, P. Mapping phenotypes: Canalization, plasticity and developmental stability. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 16, n. 10, p. 555-561, 2001.

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

FANCELLI, A. L. Milho: ambiente e produtividade. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D.; Milho: Estratégias de manejo para alta produtividade. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, p.174-197, 2003

FÁVERO, F. **Uso da cama de frango associada à adubação mineral no sistema de produção de grãos da região oeste do paraná.** 2012. 79f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.

FERREIRA, V. F.; PINTO, A.C. A fitoterapia no mundo atual. **Química Nova**, v. 33, n. 9, p.1829, 2010.

FERREIRA, V. M.; MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; OLIVEIRA, L. E. M de.; PURCINO, A. Á. C. Metabolismo do nitrogênio associado à deficiência hídrica e sua recuperação em genótipos de milho. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.13-17, 2002.

FIGUEIRÔA, J. M. de; BARBOSA; D. C. de A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. *Acta Botânica Brasilica*, v.18, n. 3, p. 573-580, 2004.

FIGUEROA, E. A. **Efeito imediato e residual de esterco de ave poedeira em culturas de grãos.**2008. 104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF, Passo- Fundo.

FILHO, J. R. M.; AMARAL, L. R do.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranja 'valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, v.67, n.1, p.75-82, 2008.

GASPAR, T.; FRANCK, T.; BISBIS, B.; KEVERS, C.; JOUVE, L.; HAUSMAN, J.F.; DOMMES, J. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. **Plant Growth Regulation**, v. 37, n. 3, p. 263–285, 2002

- GHAFFARI, H. I.; GHASSAM, B. J.; NAYAKA, S. C.; KINI, K. R.; PRAKASH, H. S. Antioxidant and Neuroprotective Activities of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. Against Oxidative Stress-Induced Neurotoxicity. **Cell Mol Neurobiol**, v.34, n. 3, p. 323–331, 2014
- GUREVITCH, J; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia vegetal**. 2. ed, Porto Alegre, 2009, 592p.
- HSIÃO, T.C.; XU, L.K. Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: biophysical analysis and relation to water transport. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n.350, p.1595-1616, 2000.
- IWU, M. M.; EZEUGWU, C. O.; OKUNJI, C. O. Antimicrobial activity and terpenoids of the essential oil of *Hyptis suaveolens*. **International Journal Crude Drug Research**, v.28, n.1, p. 73-76, 1990.
- JABEEN, F.; SHAHBAZ, M.; ASHRAF, M. Discriminating some prospective cultivars of maize (*Zea mays* L.) for drought tolerance using gas exchange characteristics and proline contents as physiological markers. **Pakistan Journal of Botany**, v. 40, n. 6, p. 2329-2343, 2008.
- JESUS, N.Z.T.; FALCÃO, H.S.; LIMA, G.R.M.; CALDAS FILHO, M.R.D.; SALES, I.R.P.; GOMES, I.F.; SANTOS, S.G.; TAVARES, J.F.; BARBOSA-FILHO, J.M.; BATISTA, L.M. *Hyptis suaveolens* (L.) Poit (Lamiaceae), a medicinal plant protects the stomach against several gastric ulcer models. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 150, n. 3, p. 982–988, 2013.
- KIEHL, E. J. **Novo fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, 2010. 248p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, 2004. 531p.
- LELIS, R. T. **Efeito de diferentes períodos de estresse hídrico sobre a capacidade fotossintética, o crescimento e o teor de óleo essencial em *Cymbopogon citratus* (Poaceae)**. 2014. 50f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos Dos Goytacazes.
- LEPRINCE, O.; BUITINK, J. Desiccation tolerance: from genomics to the field. **Plant Science**, v. 179, n. 6, p. 554-564, 2010
- LECHINOSKI, A.; FREITAS, J. M. N de. SILVA, C da.; LOBATO, A da S.; NETO, C de O.; CUNHA, R. L. M. Influência do Estresse Hídrico nos Teores de Proteínas e Aminoácidos Solúveis Totais em Folhas de Teca (*Tectona grandis* L. f.) **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 2, p. 927-929, 2007.
- LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M., RAHMAN, I. M M. Water stress in plants: Causes, effect and responses. In: Ismail MR (ed) Water stress in Tech Publishers, p. 1-15.
- LINS, M da P. G.; MEDEIROS, V. M de. Avaliação do uso de plantas medicinais no tratamento de doenças gastrointestinais na cidade de Nazarezinho – PB. **Revista Interdisciplinar em Saúde**, v. 2, n. 1, p. 75-98, 2015.

LIMA, J.F.; SILVA, M.P.L.; TELES, S.; SILVA, F.; MARTINS, G.N. Avaliação de diferentes substratos na qualidade fisiológica de sementes de melão de caroá [*Sicana odorifera* (Vell.) Naudim] **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, n.2, p.163-167, 2010.

LIU, C., LIU, Y., GUO, K., FAN, D., LI, G., ZHENG, Y., YU, L. AND YANG, R. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. *Environmental and Experimental Botany*, v. 71, n. 2, p. 174–183, 2011.

LORENZI, H.; MATTOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 520p

LUZ, A. I. R.; ZOGHBI, M. G. B.; RAMOS, L.S. Essencial oils of some amazonian Labiatae, I. *Genus Hyptis*. **Journal of Natural Products**, v.47, n. 4, p. 745-747, 1984.

MACHADO, B. F. M. T.; JÚNIOR, F, A. Óleos essenciais: aspectos gerais e usos em terapias naturais. **Cadernos Acadêmicos**, v. 3, n. 2, p. 105-127, 2011.

MAIA, S. S. S. **Propagação, adubação orgânica e níveis de radiação nas características anatômicas e composição de óleo essencial em *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. Lamiaceae**. 2006, 150f. Tese (Doutorado em Fitotécnia) - Universidade Federal de Lavras, lavra- MG.

MAIA, S.S.S.; PINTO, J. E. B. P.; SILVA, F. N da; OLIVEIRA, C de. Influência da adubação orgânica e mineral no cultivo do bamburral (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit.) (Lamiaceae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.3, n.4, p.327-331, 2008.

MALELE, R. S.; MUTAYABARWA, K. C.; MWANGI, W.J.; THIOITHI, N.G.; LOPES, A.G.; LUCINE, E. I.; ZYGADIO, J. A. Essential oil of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. from Tanzania: composition and antifungal activity. **Journal Essential Oil Research**, v.15, n.6, p.438-440, 2003.

MALENDO, M; GEMÉNES, E.;CANO, E.; MERCADO,F.G.; VALE,F. The endemic flora in the South of the Iberian Peninsula: Taxonomic composition, biological spectrum, pollination, reproductive mode and dispersal. **Flora Morphology distribution Functional Ecology Plants**, v.198, n.4, p. 260-276, 2003.

MAPELI, N. C.; VIEIRA, M. do C.; HEREDIA, Z.N. A.; SIQUEIRA, J. M de. Produção de biomassa e de óleo essencial dos capítulos florais da camomila em função de nitrogênio e fósforo. **Horticultura brasileira**, v. 23, n. 1, p. 32-37, 2005.

MARAGHNI, M.; GORAI, M.; NEFFATI, M. The Influence of Water-Deficit Stress on Growth, Water Relations and Solute Accumulation in Wild Jujube (*Ziziphus lotus*). **Journal of Ornamental and Horticultural Plants**, v. 1, n. 2, p. 63-72, 2011.

MARIJUAN, M. P.; BOSCH, S. M. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v.18, n. 12, p.660-666, 2013.

- MARTINS, F. T.; Santos, M. H.; Polo, M.; Barbosa, L. C. A. Variação química do óleo essencial de *Hyptis suaveolens* sob condições de cultivo. **Química Nova**, v.29, n. 6, p. 1203-1209. 2006.
- MARTINS, M de O.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; NETO, A. D de A.; SANTOS, M. G. dos. Crescimento de plantas jovens de nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss. - MELIACEAE) sob diferentes regimes hídricos. **Revista Árvore**, v.34, n.5, p.771-779, 2010.
- MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, A. S de.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F de. Manejo da água de irrigação. 2011, p. 157-232.
- MATOS, F. S.; ROSA, V. R.; BORGES, L. F. O.; RIBEIRO, R. P.; CRUVINEL, C. K. L.; DIAS, L. A. S. Response of *Jatropha curcas* Plants to Changes in the Availability of Nitrogen and Phosphorus in Oxissol. **Journal of Academic Journals**, v.9, p.3581-3586, 2014.
- MBATCHOU, V. C. ABDULLATIF, S.; GLOVER, R. Phytochemical Screening of Solvent Extracts from *Hyptis suaveolens* LAM for Fungal Growth Inhibition. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 9, n. 4, p. 358-361, 2010.
- MEIRA, M. R.; MELO, M. T. P. de . MARTINS, E. R.; PINTO, M. J. da S.; SANTANA, C. S. Crescimento vegetativo, produção de fitomassa e de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. sob diferentes lâminas de irrigação. **Ciência Rural**, v.43, n.5, p.779-785, 2013.
- MEIRA, M.R.; MANGANOTTI, S. A.; MARTINS, E. R. Crescimento e produção de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. nas condições climáticas de Montes Claros – MG. **Biotemas**, v. 24, n.1, p.1-8, 2011.
- MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v.27 n.2, p. 4050 - 4063, 2006.
- MORANDO, R.; SILVA, A. O. da.; CARVALHO, L. C.; PINHEIRO, M.P. M. A. Déficit hídrico: efeito sobre a cultura da soja. **Journal of Agronomic Sciences**, v.3, n. especial, p.114-129, 2014.
- MOREIRA, A. C. P.; LIMA, E de O.; WANDERLEY, P. A.; CARMO, E. S.; SOUZA, E. L de. Chemical composition and antifungal activity of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit leaves essential oil against *aspergillus species*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 41, n.1, p. 28-33. 2010
- MOREIRA, A. C. P et al. Inhibitory Effect of the Essential Oil from *Hyptis suaveolens* (L.) Poit on the Growth and Aflatoxins Synthesis of *Aspergillus flavus*. **Journal Of Life Sciences**, v. 3, n. 7, p.1934-7391, mar. 2013.
- NASCIMENTO, H. H. C. **Caracterização Ecofisiológica de Mudanças de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) submetidas a déficit hídrico**: 2009. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- NASS, L. L et al. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas**, Ed. Fundação MT: Rondonópolis, 2001.

- NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância a seca em plantas da Caatinga. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAUJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p. 22-31.
- NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Ed.). **Relações solo-eucalipto**. Viçosa, MG: Folha de Viçosa, 1990. p. 25-91.
- NUNES, G.P.; SILVA, M.F. DA; RESENDE, U.M.; SIQUEIRA, J.M. de. Plantas medicinais comercializadas por raizeiros no Centro de Campo Grande, Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 13, n. 2, p. 83-92, 2003
- PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Rio de Janeiro: Seropédica, Edur, 2004.192 p.
- PRAVUSCHI, P. R.; MARQUES, P. A. A.; RIGOLIN, B. H. M.; SANTOS, A. C. P. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 4, p. 687-693, 2010.
- PRAVUSCHI, P. R. **Efeito de Diferentes lâminas de irrigação na produção de óleo essencial de manjeriço**. 2008. 35 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -, Universidade do Oeste Paulista -unoeste, Presidente Prudente - SP.
- RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. rev. e atual. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- RONG-HUA, L.I.; PEI-POL, G.U.O.; BAUMZ, M.; GRANDO, S.; CECCARELLI, S. Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. **Agricultural Sciences in China**, v. 5, n. 10, p. 551-557, 2006.
- ROSAL, L. F.; PINTO, J. E. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. V. BRANT, R da S.; NICULAU, E dos S.; ALVES, P. B. Produção vegetal e de óleo essencial de boldo pequeno em função de fontes de adubos orgânicos. **Revista Ceres**, v. 58, n. 5, p.670-678, 2011.
- SALES, J. F.; PINTO, J. E. B. P.; BOTREL, P. P.; SILVA, F. G.; CORREA, R. M.; CARVALHO, J G de. Acúmulo de massa, teor foliar de nutrientes e rendimento de óleo essencial de hortelã-do-campo (*Hyptis marruboides*pl.) Cultivado sob adubação orgânica. **Bioscience Journal**, v. 25, n. 1, p. 60-68, 2009
- SANTOS, T. T.; SANTOS, M da F.; MENDONÇA, M. da C.; JÚNIOR, C. D da S.; SILVA-MANN, R.; ARRIGONI-BLANK, M. de F.; BLANK1, A. F. Efeito do estresse hídrico na produção de massa foliar e teor de óleo essencial em sambacaitá (*Hyptis pectinata* L.). in: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44., 2004.Campo Grande. **Anais...**Campo Grande: SOB, 2004.v.22 p.1-4.
- SCALON S. de P. Q.; MUSSURY, R. M.; EUZÉBIO, V. L. de M.; KODAMA, F. M.; KISSMANN, C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). **Ciência Florestal**, v. 21, n. 4, p. 655-662, 2011.

SCHWERZ, L.; CARON, B.O.; MANFRON, P.A.; SCHMIDT, D.; ELLI, E. F. Biomassa e teor de óleo essencial em *Aloysia triphylla* (l'herit) Britton submetida a diferentes níveis de reposição hídrica e à variação sazonal das condições ambientais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.4, p.631-641, 2015.

SEIXAS, P.T. L.; CASTRO, H. G. de.; CARDOSO, D. P.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; NASCIMENTO, I. R do.; BARBOSA, L. C de A. Efeito da adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-citronela. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 852-858, 2013

SILVA, F.; CASALI, V.W.D. **Plantas medicinais e aromáticas: pós-colheita e óleos essenciais**. Viçosa: Arte e Livros, 2000.135p.

SILVA, A. C da.; MAIA, S. S. S., COELHO, M de F. B.; PAIVA, E. P de.; CUNHA, C. S. de M. Comprimento de estacas na propagação vegetativa de bamburral (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 191-194, 2011.

SILVA, A.F.; BARBOSA, L. C. A.; SILVA, E.A.M.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A. Composição química do óleo essencial de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Lamiaceae). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v. 6, p.1-7, 2003.

SILVA, C.A. Uso de resíduos orgânicos na agricultura. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.597-624.

SILVA, M de A.; SANTOS, C. M dos.; VITORINO, H dos S.; RHEIN, A. F de L. Pigmentos fotossintéticos e índice spad como descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 173-181, 2014.

SILVA, S. R. S.; DEMUNER, A. J.; BARBOSA, L. C de A.; CASALI, V. W. D.; NASCIMENTO, E. A. E PINHEIRO, A. L. Efeito do estresse hídrico sobre características de crescimento e a produção de óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* Cheel. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1363-1368, 2002.

SILVA, W. B da. O lugar da farmacognosia na formação em farmácia: questões epistemológicas e suas implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Farmacognosia**. v. 20, n. 2, p. 289- 294, 2010

SOUZA, B. D.; MEIADO, M.V.; RODRIGUES, B.M.; SANTOS, M.G. Water relations and chlorophyll fluorescence responses of two leguminosae trees from the Caatinga to different watering regimes. **Acta Physiology Plant**, v 32, n. 2, p. 235-244, 2009.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ARTMED. 2013. 918 p.

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: ARTMED. 2009. 819 p.

TEDESCO, M.J.; SELBACH, P.A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F.A.O. Resíduos orgânicos e os impactos no ambiente. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.;

CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.113-136.

TURNER, N.C. Adaptation to water deficits: A changing perspective. **Journal of Plant Physiology**, v. 13, n.1, p. 175-190, 1986.

VERBRUGGEN N, HERMANS C. Proline accumulation in plants: a review. *Amino acids*. v.35, n, 4, p. 753-739, 2008.

VIJAY, R. A. J.; PANDIYARAJAN, V.; PETCHIMUTHU. K. Comparison of chemical composition of the essential oil of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit leaves from different regions of Tamil Nadu. **IJPSR**, v. 2, n.11, p. 2822-2824, 2011.

ZOGHB, M. DAS G. B.; JARDIM, M. A. G.; OLIVEIRA, J.; TRIGO, JOSÈ R. Composição química dos óleos essenciais de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit.: uma espécie de ocorrência natural no nordeste paraense. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 89, n. 1, p. 06-09, 2008.

**CAPITULO 2- ESTRESSE HÍDRICO E ADUBAÇÃO NA PRODUÇÃO DE  
BIOMASSA E ÓLEO ESSENCIAL DE *Hyptis suaveolens* (L.) POIT**

1           **ESTRESSE HÍDRICO E ADUBAÇÃO NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA E ÓLEO**  
2                                   **ESSENCIAL DE *Hyptis suaveolens* (L.) POIT**

3  
4   Resumo: *Hyptis suaveolens* (L.) Poit., é uma planta produtora de óleo essencial de alto potencial  
5   terapêutico, no entanto, a produção de biomassa e metabólicos podem variar em função da adubação  
6   e disponibilidade hídrica. Objetivou-se testar o estresse hídrico e adubação na produção de biomassa  
7   e óleo essencial de *H. suaveolens* (L.) POIT. Em experimento fatorial (3x3), plantas de *H. suaveolens*  
8   foram cultivadas em três substratos de cultivo: solo natural (sem adubação), solo natural + NPK e  
9   solo natural + esterco de aves e três disponibilidades hídricas: 100, 50 e 25 % da capacidade de campo  
10   (CC). Aos 30 dias, após o plantio foram avaliados massa seca da parte aérea e radicular, relação  
11   raiz/parte aérea, altura, diâmetro do caule, teor relativo de água na planta, clorofilas, proteína, prolina,  
12   carboidratos, conteúdo de nutrientes N, P e K no tecido vegetal e rendimento do óleo. A adubação  
13   com esterco de aves, favoreceu todas as variáveis de crescimento, nas disponibilidades hídricas de  
14   100 e 50 % da CC. A massa da raiz seca, teve melhor desenvolvimento quando cultivada em substrato  
15   natural + NPK. As variáveis bioquímicas, tiveram seus teores aumentados em função da adubação  
16   orgânica. A prolina e os carboidratos foram mais elevados em plantas cultivadas em solo sob o regime  
17   hídrico de 25 % CC. Os substratos com esterco de aves elevaram os teores de N e K foliar e as plantas  
18   com maiores teores de P foliar foram cultivadas em solo natural com NPK comercial. O teor de N (na  
19   parte aérea) e o K (na raiz), aumentaram nas plantas cultivadas sob estresse hídrico. O melhor  
20   rendimento do óleo foi proporcionado pela adubação com esterco de aves.

21  
22   **Palavras-chave:** bamburral, fertilidade do solo, disponibilidade hídrica, esterco de aves.

23  
24   WATER STRESS AND FERTILIZER ON BIOMASS YIELD AND ESSENTIAL OIL OF *Hyptis*  
25                                   *suaveolens* (L.) POIT

26  
27   Abstract: *Hyptis suaveolens* (L.) POIT, is an essential oil producing plant with high therapeutic  
28   potential, however, the biomass yield and metabolic may variate according to the availability of  
29   fertilizer and water. The objective was to evaluate the water stress and fertilization in biomass yield  
30   and essential oil *H. suaveolens* (L.) POIT. In factorial experiment with (3x3), *H. suaveolens* plants  
31   were cultivated in three cultivation substrates: natural soil (without fertilization), natural soil + NPK  
32   and natural soil + manure of chicken and three water availabilities: 100, 50 and 25 % of field capacity  
33   (CC). 30 days after planting was evaluated mass shoots and dry roots, root / shoot ratio, height,  
34   stem diameter, relative water content in the plant, chlorophyll, protein, proline, carbohydrate nutrient

35 content N,P an K in plant tissue and oil yield. The fertilization with poultry manure, favored all growth  
36 variables in the water availability of 100 and 50 % of CC. The root dry mass, showed better  
37 development when cultivated in substrate natural + NPK. Biochemical variables had their levels  
38 increased as a function of organic fertilizer. Proline and carbohydrates were higher in plants cultivated  
39 in soil under the water regime of 25 % DC. Substrates with poultry manure increased the contents of  
40 N and K leaf, plants with higher leaf P sectors were cultivated in natural soil with commercial NPK.  
41 The N content (shoots) and K (the root), increased in plants cultivated under stress. The best oil yield  
42 was provided by poultry manure.

43  
44 Keywords: bamburral, soil fertility, water availability, poultry manure

## 46 INTRODUÇÃO

47 Há muito tempo, as plantas medicinais vêm sendo utilizadas pelo homem como um recurso  
48 natural valioso. O uso da fitoterapia, no tratamento de doenças tem despertado o interesse da  
49 comunidade científica no desenvolvimento de pesquisas, visando principalmente o aumento da  
50 produtividade de plantas medicinais, sem comprometer os princípios ativos. Contudo há uma  
51 preocupação em promover o uso racional de plantas medicinais, levando em consideração as práticas  
52 médicas tradicionais e o rigor científico no cuidado à saúde (SILVA, 2010).

53 Estudos que prezem a conservação e manejo agrônômicos de muitas espécies tornam-se  
54 necessários devido às poucas informações sobre o cultivo de plantas medicinais na literatura. No  
55 entanto, sabe-se, que a produção de biomassa e síntese de princípios ativos nas plantas medicinais  
56 dependem de vários fatores, entre eles os genéticos e ambientais, incluindo os estresses bióticos e  
57 abióticos (SALES et al., 2009).

58 A água com os nutrientes tem influência direta na qualidade e quantidade dos constituintes  
59 bioativos produzidos pelas plantas medicinais (MAPELI et al., 2005). As boas condições hídricas,  
60 garantem excelentes desempenhos no estágio vegetativo (MEIRA et al., 2013). Contudo, estudos que  
61 busquem espécies que garantam um bom desenvolvimento com baixo custo de água, sem  
62 comprometer a produtividade e rendimento de óleo essencial em plantas medicinais são de extrema  
63 importância (MAIA et al., 2008; MEIRA et al., 2013).O suporte nutricional, também tem sido um  
64 dos principais fatores responsáveis pelo aumento de produtividade em plantas (MAIA et al., 2008) e  
65 a adubação orgânica, além de fornecer nutrientes, proporciona benefícios na estrutura física e química  
66 do solo (ROSAL et al., 2011).

67 A família Lamiaceae inclui aproximadamente 258 gêneros e 7.193 espécies, sendo 40 % delas  
68 com propriedades aromáticas (MALENDO et al., 2003). Dentre os gêneros, destaca-se *Hyptis*, rico

69 em espécies de grande importância econômica e etnofarmacológica (FALCÃO; MENEZES, 2003).  
70 *Hyptis suaveolens* (L.) POIT. é uma espécie anual, produtora de óleo essencial rico em mono e  
71 sesquiterpenos (Martins et al., 2006). É conhecida vulgarmente como bamburral, erva-canudo,  
72 sambacoité, alfazema-brava, alfazema-de-caboclo, salva-limão e alfavacão (LORENZI; MATTOS,  
73 2002). Esta espécie tem sido muito estudada devido ao seu óleo essencial, que apresenta uma elevada  
74 atividade antifúngica, antibacteriana, anticarcinogênica e ação anti-séptica (MALELE et al., 2003;  
75 MOREIRE et al., 2010), além de apresentar atividades nematicida e larvicida, devido à presença de  
76 D-limoneno e mentol (FALCÃO; MENEZES, 2003). Na medicina popular tem sido utilizada como  
77 antitussígeno, sudoríferas, antiespasmódicas e úteis no tratamento da gota (CORRÊIA, 1984).  
78 Também tem sido uma alternativa promissora no combate às larvas e aos mosquitos *Aedes albopictus*  
79 e *Aedes aegypti* (NOEGROHO; SRIMULYANI, 1997; CONTI et al., 2012). De maneira geral, são  
80 poucas as informações disponíveis do ponto de vista agrônomo que evidenciem o comportamento  
81 das plantas medicinais, aromáticas e condimentares quando submetidas às técnicas de produção  
82 agrícola (PRAVUSCHI et al., 2010) e para essa espécie, o estudo agrônomo torna-se necessário,  
83 visando incrementar a biomassa e conseqüentemente a produção de óleo essencial, cujos constituintes  
84 ativos são importantes do ponto de vista farmacológico (MAIA et al., 2008; VIJAY et al., 2011).

85 Levando-se em consideração a capacidade de adaptação da *H. suaveolens* em resposta as  
86 condição hídrica e o aporte nutricionais do solo, torna-se relevante averiguar a influência desses  
87 fatores na possibilidade de a aumentar a produção de biomassa e o teor de óleo essencial. Neste  
88 sentido, objetivou-se testar o estresse hídrico e adubação na produção de biomassa e óleo essencial  
89 de *H. suaveolens* (L.) POIT.

90

91

## MATERIAL E MÉTODOS

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

O trabalho foi realizado na Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, durante os meses de Fevereiro a Março de 2015, em casa de vegetação, protegida com malha branca tipo sombrite com 70 % de atenuação da radiação solar. Durante o período experimental, a temperatura média da casa de vegetação foi de 35,5°C e umidade relativa do ar de 69,4 %. O solo utilizado no experimento foi coletado na camada superficial de 0,02 m de profundidade no mesmo local de ocorrência da espécie estudada, próximo à UERN (05°12' 10 S e 37°18' 57 W) no município de Mossoró/RN, e classificado como Neossolo Quartzarênico.

O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado, perfazendo um fatorial de (3x3) com três tipos de substrato e três capacidades de campo (CC), contabilizando nove tratamentos com oito repetições cada e uma planta por parcela. Os tratamentos constituíram-se de três substratos de cultivo: Solo natural (SN); SN + adubação mineral (NPK) e SN + esterco de aves, e três

103 disponibilidades hídricas: 100, 50 e 25 % da CC. O esterco de aves foi proveniente de uma granja de  
 104 galinha poedeiras, localizada no município de Mossoró, o qual foi curtido por 90 dias e em seguida  
 105 seco, peneirado e misturado ao material de solo. Após preparados, os substratos foram caracterizados  
 106 quanto aos aspectos físicos e químicos, conforme Embrapa (1997), dados apresentados na (Tabela 1).

107

108 Tabela 1- Características físico-químicas das amostras dos substratos de cultivos no início do  
 109 experimento. Mossoró/ RN, 2015

Atributos	Substratos		
	Solo Natural (SN)	SN + NPK	SN + AVE
Textura	Areia franca	Areia franca	Areia
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	138,5	107,5	78
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	37,3	29,7	18
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	824	861,5	903
DA g.cm <sup>3</sup>	1,53	1,56	1,48
ST (ppt)	39,4	46,2	204
STD (ppt)	74,8	88,0	232
N (g kg <sup>-1</sup> )	0,63	0,77	0,63
pH (H <sub>2</sub> O)	5,30	5,50	8,20
Mat.Org (g kg <sup>-1</sup> )	15,98	16,20	18,61
P (mg/dm <sup>3</sup> )	37,4	11,5	378,5
K <sup>+</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	156,9	130,6	3642,6
Na <sup>+</sup> (mg/dm <sup>3</sup> )	91,9	60,5	1192,4
Ca <sup>2+</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> )	3,70	3,70	2,50
Mg <sup>2+</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> )	2,10	2,10	3,20
Al <sup>3+</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> )	0,05	0,05	0,00
H+Al (cmolc/dm <sup>3</sup> )	1,16	1,32	0,00
SB (cmolc/dm <sup>3</sup> )	6,60	6,40	20,20
t (cmolc/dm <sup>3</sup> )	6,65	6,45	20,20
CTC	7,76	7,72	20,20
V %	85	83	100
m %	1	1	0
PST %	5	3	26

110 O pH em água foi determinado na relação solo/água de 1:2,5. Os elementos P, Na<sup>+</sup> e K<sup>+</sup> foram extraídos com o extrator Mehlich-1 na  
 111 relação solo/extrator de 1:10. O Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> foram extraídos com KCL 1mol/L na relação solo/extrator de 1:10. (H+Al) = acidez  
 112 potencial extraída com acetato de Cálcio 0,5mol/L na relação solo/extrator de 1:15. SB = Soma de bases. t = CTC efetiva. CTC = CTC  
 113 do solo ou CTC a pH 7,0. V = Saturação por bases. m = Saturação por alumínio. PST = Percentagem de sódio trocável. Salinidade total  
 114 (ST), Sólidos totais dissolvidos (STD) e Densidade aparente (DA).

115

116 As plantas utilizadas foram provenientes de sementes, cultivadas em recipientes de polietileno  
 117 com capacidade para 250 mL, contendo como substrato SN. Aos 20 dias após o plantio, as mudas de  
 118 *H suaveolens* foram transplantadas para vasos com capacidade para 8L contendo seus respectivos  
 119 substratos. Após o estabelecimento, as mesmas foram submetidas ao regime de regas diárias de  
 120 acordo com a disponibilidade hídrica (100, 50 e 25 % da CC) de cada tratamento. A capacidade de  
 121 campo em vaso foi estabelecida mediante o método de capilaridade, onde os vasos, com peso  
 122 conhecido, contendo os substratos secos foram pesados em seguida colocados num recipiente maior  
 123 contendo água em volume conhecido que ascendeu por capilaridade para saturação do substrato. Ao

124 atingir a saturação completa do nível superior dos substratos nos recipientes foi determinada a  
 125 “capacidade de campo” a partir da seguinte equação 1.

126

$$127 \quad CC = \frac{(PSH+PE)-(PSS+PE)}{PSS} \times 100 \quad \text{Eq.1}$$

128

129 Em que CC = capacidade de campo % em peso, PSH = Peso do solo úmido (g), PE = Peso do  
 130 recipiente no momento da pesagem (g), PSS = Peso do solo seco (g).

131 Para manutenção da CC, as plantas foram pesadas diariamente em balança digital, para  
 132 reposição de água mantendo-as nas capacidades máxima de retenção de água de cada tratamento. Nos  
 133 tratamentos com adubação química, foi adicionado ao solo 1,54 g dm<sup>-3</sup> de NPK comercial de  
 134 formulação 10-10-10 obtendo ao final do experimento o total de 6,16 g dm<sup>-3</sup> de NPK de acordo com  
 135 a dose de nitrogênio descrito por Maia et al. (2008). O tratamento com esterco de aves foi constituído  
 136 de solo natural + esterco de galinha curtido, na proporção de 3:1, respectivamente.

137 Um espécime de *H. suaveolens* (L) POIT. foi herborizado e está depositado no Herbário  
 138 Dárdano de Andrade Lima (Herbário MOSS), sob o número de tombo 14888. Aos 30 dias após o  
 139 estabelecimento do regime de regas, deu-se início as avaliações de crescimento de plantas, sendo  
 140 todas as análises realizadas em triplicata. As variáveis avaliadas foram: massa seca da raiz (MSR) e  
 141 parte aérea (MSPA), obtidas a partir da secagem do material vegetal em estufa de circulação forçada  
 142 de ar a 70 °C; altura de plantas (ALP), medida com auxílio de uma fita métrica; diâmetro do caule  
 143 (DC), tomado com auxílio de um paquímetro; relação raiz/parte aérea (R/PA), calculada segundo  
 144 Benincasa (1988); teor relativo de água (TRA), obtido segundo Slavick (1979); níveis de prolina, de  
 145 acordo com Bates et al. (1973); níveis de clorofilas a, b e totais, pelo método de Welburn (1994);  
 146 proteínas totais de acordo com Khan e Robinson (1994) quantificadas pela metodologia de Bradford  
 147 (1976) e carboidratos totais, segundo Dubois et al. (1956).

148 Foram avaliados ainda os níveis de nutrientes (N, P e K), sendo a quantificação de P e K nas  
 149 folhas e raízes, pelo método de digestão úmida, de acordo com Plank (1992), a determinação do P foi  
 150 baseada no método amarelo de vanadato (EMBRAPA, 2000) e a quantificação do potássio por  
 151 espectrofotometria de absorção atômica; a determinação do nitrogênio total obedeceu ao método de  
 152 Semi-micro Kjeldahl (AOAC,1990) e a quantificação foi realizada por espectrofotometria conforme  
 153 descrito por Baethgen e Alley (1986). O rendimento do óleo essencial de *H. suaveolens* (OEHs)  
 154 também foi avaliado e para tanto, a extração do OE foi realizada pelo processo de hidrodestilação em  
 155 aparelho de Clevenger, modificado utilizando-se toda biomassa por planta, em 2 L de água destilada  
 156 aquecida por 2h. O rendimento do óleo foi calculado por meio da Equação 2.

$$T \% = M.oe(g)/MF(g) * 100 \quad \text{Eq.2}$$

158

159 Em que  $T\%$  é o Teor do óleo em porcentagem,  $M.oe$  é a massa do óleo em g dividida por MF  
 160 (g) que é a massa fresca da folha multiplicada por 100. Os dados obtidos foram submetidos à análise  
 161 de variância ANOVA e suas médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5 % de significância com o  
 162 auxílio do software estatístico Assistat® versão 7.7.

163

## 164 RESULTADOS E DISCUSSÃO

165 De acordo com a ANOVA houve interação significativa entre os fatores estudados para as  
 166 variáveis MSPA, ALP e DC ( $p < 0,01$ ) e para relação R/PA ( $p < 0,05$ ). Para MSR os resultados foram  
 167 significativos para ambos os fatores, de forma isolados e o TRA para o fator adubação (Tabela 2 e  
 168 3).

169

170 Tabela 2. Resumo das análises de variância das características avaliadas de massa seca da parte aérea  
 171 (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e relação raiz/ raiz parte aérea (R/PA) em plantas de *Hyptis*  
 172 *suaveolens* submetidas a adubação e diferentes regimes hídricos. Mossoró. RN, 2015

FV	GL	Valores de F		
		MSPA (g)	MSR (g)	R/Pa
Adubação (F1)	2	147,8646**	6,7967**	21,0540**
Capacidade de Campo (F2)	2	4,8309*	5,7450*	3,3525 ns
F1 X F2	4	7,9724**	0,8092 ns	0,1083*
Tratamentos	8	42,1601**	3,5400*	6,1558**
<b>CV%</b>		10,46	25,00	25,43

173 \*\* significativo a nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), \* significativo a nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), ns não significativo  
 174 ( $p > = 0,05$ ). Valores transformados em  $x = \sqrt{x}$ .

175

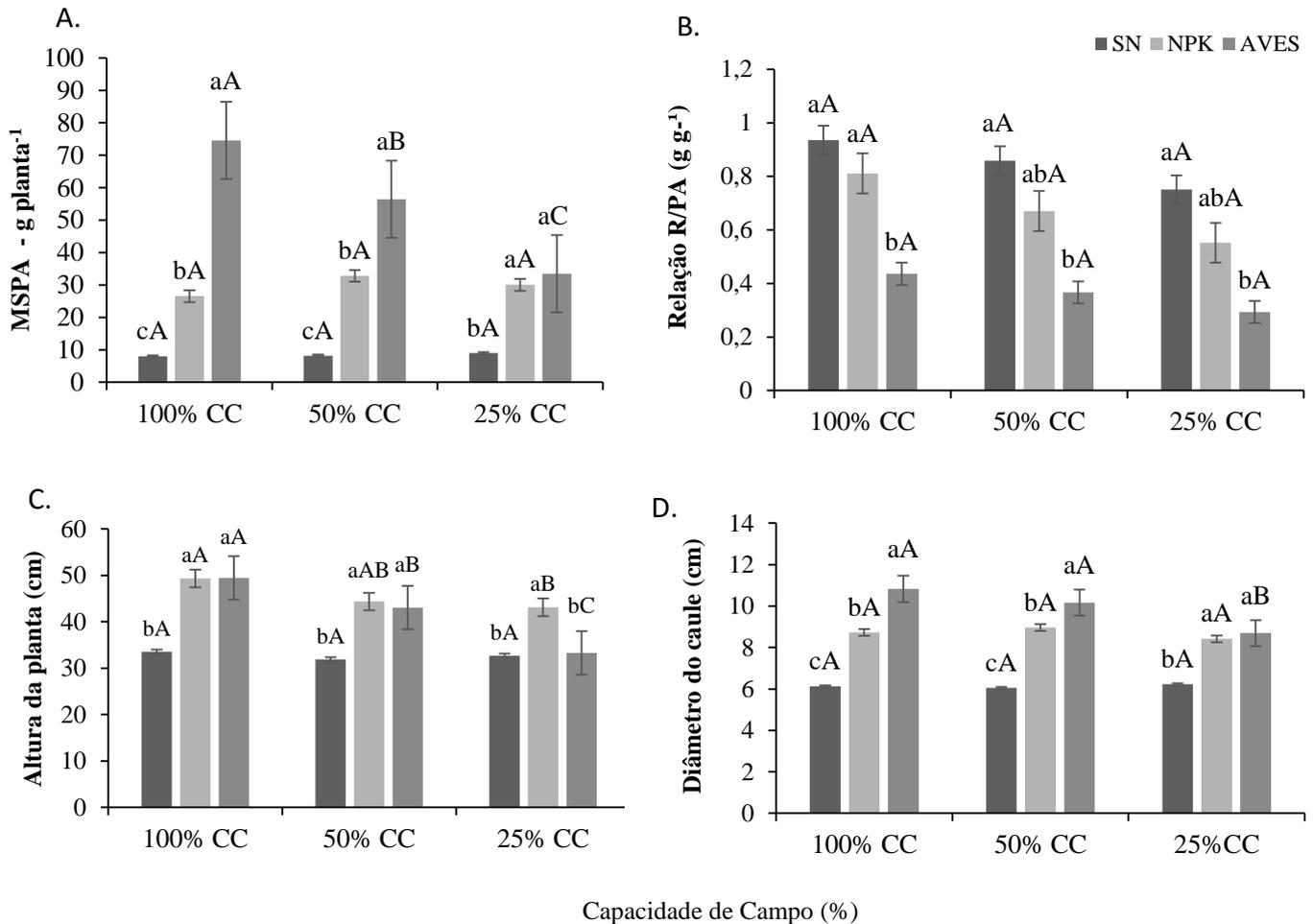
176 Tabela 3. Resumo de análise de variância para as características avaliadas de alturas das plantas  
 177 (ALP), diâmetro do caule (DC) e teor relativo de água (TRA) em plantas de *Hyptis suaveolens* em  
 178 função da adubação e diferentes regimes hídricos. Mossoró/RN, 2015

FV	GL	Valores de F		
		ALP (cm)	DC (cm)	TRA
Adubação (F1)	2	50,9798**	198,7592**	6,3116**
Capacidade de Campo (F2)	2	17,3250**	9,0968**	1,71448 ns
F1 X F2	4	6,2915**	6,8969**	0,7148 ns
Tratamentos	8	20,2219**	55,4125**	2,3640 ns
<b>CV%</b>		11,38	8,10	11,8

179 \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), ns não  
 180 significativo ( $p > = 0,05$ ) CV= Coeficiente de Variação.

181

182 De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que os maiores valores de MSPA, ALP e  
 183 DC foram atribuídos para interação dos fatores adubação com esterco de aves, regados diariamente  
 184 com 100 % da capacidade de campo, atribuindo-se médias de 74,6 g para MSPA, 49,4 cm para ALP  
 185 e 10,8 cm para o de DC (Figura 1A, C e D). A relação R/PA foi melhor no tratamento controle e  
 186 SN+NPK, independente da disponibilidade hídrica estudada (Figura 1B).  
 187



188  
 189 Figura 1. Média de interação, para massa seca da parte aérea (A), relação raiz/parte aérea (B), altura da planta (C) e diâmetro do caule  
 190 (D) em plantas de *Hyptis suaveolens*, em função da adubação e disponibilidade hídrica. Médias seguidas de letras minúsculas iguais  
 191 para adubação e maiúsculas iguais para disponibilidade hídrica, não diferem pelo teste de Tukey (\*\* $P \leq 0,01$ )  
 192

193 O efeito benéfico do esterco de aves em *H. suaveolens* no aumento de MSPA, ALP e DC já  
 194 foi registrado por Maia et al. (2008). Segundo esses autores o incremento de biomassa foi atribuído a  
 195 crescente disponibilidade de nutrientes à cultura, uma vez que o esterco de aves é bastante rico em  
 196 nitrogênio, fósforo e outros nutrientes, além de proporcionar melhores condições química e física do  
 197 solo. Provavelmente, a redução do crescimento das plantas sob estresse hídrico severo é decorrente

198 das alterações morfológicas ocasionadas pela baixa disponibilidade hídrica do solo, que provocam  
199 nas plantas, decréscimo da produção da área foliar, fechamento dos estômatos, aceleração da  
200 senescência e abscisão foliar (TAIZ; ZEIGER, 2013).

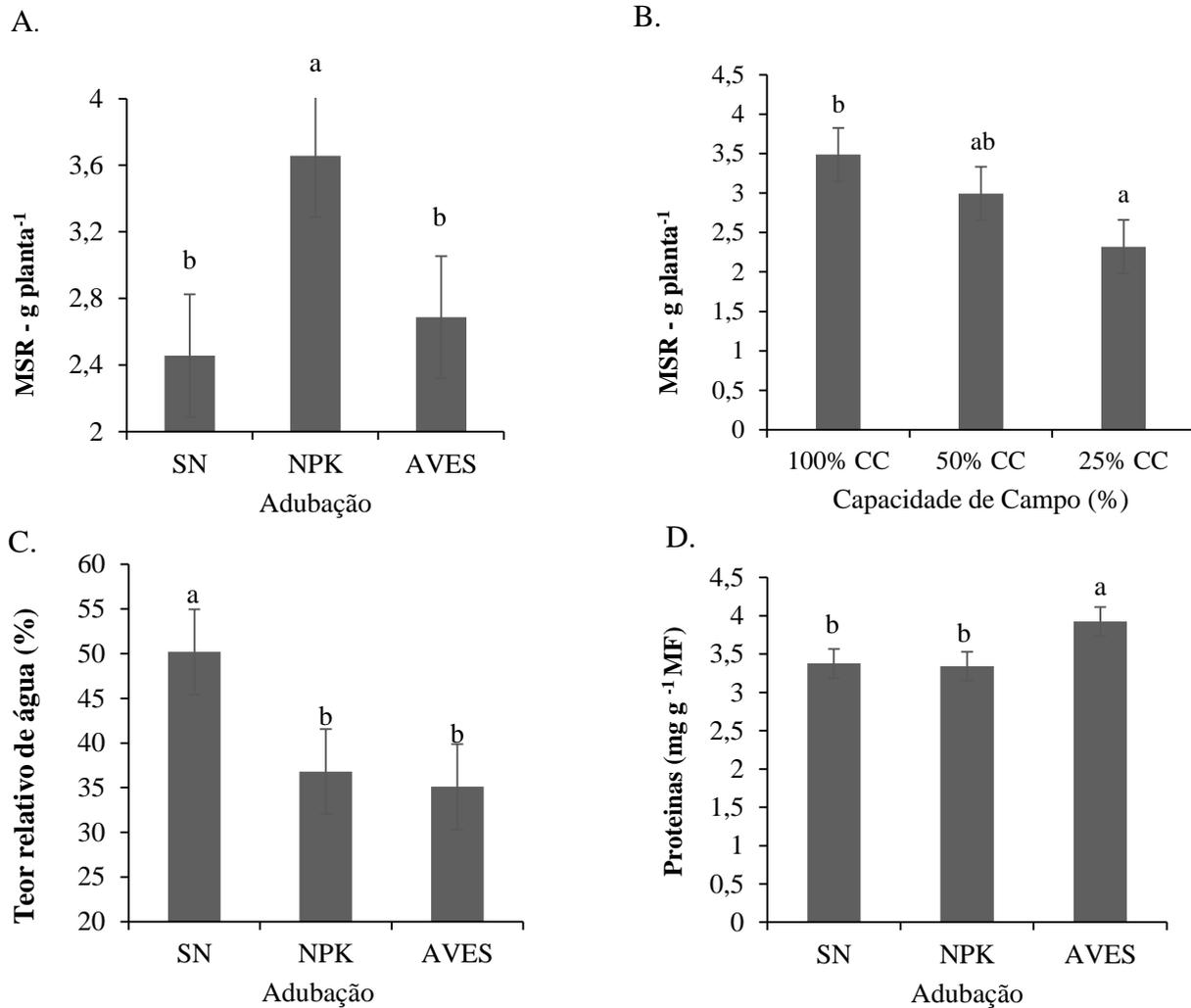
201 As plantas cultivadas com substrato contendo NPK também apresentaram médias maiores que  
202 o tratamento controle. Isso indica que *H. suaveolens* respondeu bem a adubação orgânica e  
203 inorgânica, no entanto, a menor produtividade atribuída aos tratamentos com NPK, em relação ao  
204 esterco de aves pode ser resultado de uma dosagem insuficiente para atender as exigências da cultura.  
205 Resultado semelhante foi descrito por Willie et al. (2016) em estudo realizado com interação da  
206 deficiência hídrica, adubação orgânica (esterco de aves) e inorgânica (NPK) sob o crescimento de  
207 quiabo. Os autores mostraram que, a 100 % de água disponível associada com esterco de aves ou com  
208 NPK promoveram os maiores valores na altura (225 e 215,3 cm, respectivamente da planta). Já  
209 Lourenço et al. (2013) obtiveram maior produção de matéria seca da parte aérea e radicular em  
210 feijoeiro, com fertilizantes minerais (NPK), por causa da maior liberação para o solo de N e P  
211 disponíveis.

212 Quanto à relação raiz/parte aérea, as plantas controle e as cultivadas com contendo NPK,  
213 mostraram um “balanço funcional” maior entre a absorção de água pelas raízes e os processos de  
214 translocação dos produtos da fotossíntese. Nas plantas sob adubação orgânica essa relação pode ter  
215 sido afetada devido à grande quantidade de nutrientes fornecido pelo esterco de aves, que favoreceu  
216 mais o aumento da parte aérea que o da raiz. Resultados distintos foram demonstrado por Corrêa et al.  
217 (2009), em que relação de R/PA não foi influenciada pela adubação avícola.

218 Com relação aos valores de massa seca da raiz (MSR), verificou-se influência apenas para os  
219 fatores isolados. As maiores médias do crescimento radicular foram obtidas nas plantas cultivadas  
220 em substrato adubado com NPK (3,6 g) (Figura 2A) e pela capacidade hídrica de 100 % (3,5 g) de  
221 MSR, sendo este valor reduzido com a diminuição da disponibilidade de água (Figura 2B). Os baixos  
222 valores de MSR, nos tratamentos com solo natural (controle) e os contendo esterco de aves, podem  
223 estar relacionados, respectivamente, à baixa fertilidade natural do solo e à grande quantidade de  
224 nutrientes fornecida pelo esterco, visto que, tanto a falta quanto o excesso são prejudiciais ao  
225 desenvolvimento radicular (MAPELI et al., 2005). Kiehl (2010) confirma que, mesmo bem curtido,  
226 o esterco de aves disponibiliza o dobro de nutrientes, quando comparado ao esterco de outros animais  
227 e grandes quantidades de nutrientes podem causar desordem no sistema radicular, e diminuir a  
228 absorção destes. No entanto, em trabalho de Muhumed et al. (2014) foi observado que plantas de  
229 milho doce tiveram a massa seca da raiz e parte aérea significativamente aumentados em função da  
230 adubação (orgânica e inorgânica) e restrição hídrica em relação ao controle. Ao contrário, Scalon et  
231 al. (2011) observaram maior crescimento radicular em condições hídricas favoráveis, indicando

232 portanto, que a resposta a adubação sob condições de restrição hídrica pode variar de acordo com o  
 233 substrato utilizado e a espécie vegetal.

234



235 Figura 2. Média dos fatores isolados para massa seca da raiz, fator adubação \*\* (A), massa seca da raiz, fator disponibilidade hídrica\*  
 236 (B), teor relativo de água\*\* (C) e proteínas totais\* (D) em plantas de *Hyptis suaveolens*, em função da adubação e diferentes regimes  
 237 hídricos. Letra iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a \*\* ( $p < 0,01$ ) e \* a ( $P < 0,05$ ).

238 Observando as Figuras 1A e 2A, percebe-se que as plantas cultivadas em esterco de aves  
 239 obtiveram os maiores valores de MSPA e menores valores de MSR, reforçando a ideia de que a  
 240 partição de fotoassimilados favoreceu o desenvolvimento de parte aérea. Campos et al. (2015)  
 241 encontraram resultados satisfatório ao avaliarem o comportamento vegetativo de plantas de girassol  
 242 adubadas com NPK sob diferentes condições hídricas. Eles ressaltaram que as maiores doses de N<sub>2</sub>,  
 243 oP<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, e maior conteúdo de água disponível no solo proporcionaram os maiores índices de  
 244 crescimento.

245 Para o teor relativo de água (TRA), verificou-se que as plantas cultivadas com NPK e esterco  
 246 de aves, apresentaram redução desta variável independentemente das disponibilidades hídrica

247 estudada. Em contrapartida o substrato natural (controle) proporcionou o TRA mais elevado,  
 248 independentes das condições hídricas estudadas (Figura 2C). Esses resultados também foram  
 249 observados por Lenhard et al. (2010) ao estudarem o crescimento inicial de mudas de pau ferro, sob  
 250 diferentes regimes hídricos. Esses autores relatam que TRA, não foi influenciado por nenhum dos  
 251 regimes hídricos aos quais as plantas foram submetidas.

252 Nas análises bioquímicas, houve interação significativa dos fatores para as variáveis prolina  
 253 livres e carboidratos totais ( $p < 0,01$ ) e para proteínas totais ( $P < 0,05$ ) somente para o fator adubação  
 254 (Tabela 4). As plantas cultivadas em solo enriquecido com adubação orgânica (esterco de aves)  
 255 apresentaram os maiores níveis de proteínas totais, quando comparado aos demais tratamentos  
 256 (Figura 2 D), contudo, não foi observado a influência da disponibilidade hídrica nessa variável. Tais  
 257 resultados podem estar relacionados às melhores condições químicas e biológicas proporcionadas  
 258 pela adição do esterco de aves ao solo (Tabela 1). De acordo com Hoffmann et al. (2001) e Silva et  
 259 al. (2004) além melhorar as propriedades físicas do solo, a adubação orgânica fornece nutrientes para  
 260 as plantas; melhora a microbiota do solo; aumenta o teor de matéria orgânica, a retenção de água e a  
 261 capacidade de troca de cátion no solo.

262

263 Tabela 4- Resumo de análise de variância para os teores de prolina livre, carboidratos solúveis totais  
 264 e proteínas totais em plantas de *Hyptis suaveolens* sob efeito da interação da adubação e  
 265 disponibilidade hídrica. Mossoró/RN, 2015

F V	GL	Valores de F		
		Prolina Livre	Carboidratos Totais	Proteínas Totais
Adubação (F1)	2	64,5328**	24,7349**	4,7049*
Capacidade de Campo (F2)	2	36,7923**	33,6845**	2,8461 ns
Interação F1 x F2	4	15,7570**	11,3040**	1,7011 ns
Tratamentos	8	33,2098**	20,2569**	2,7383*
CV%		22,4	22,4	12,7

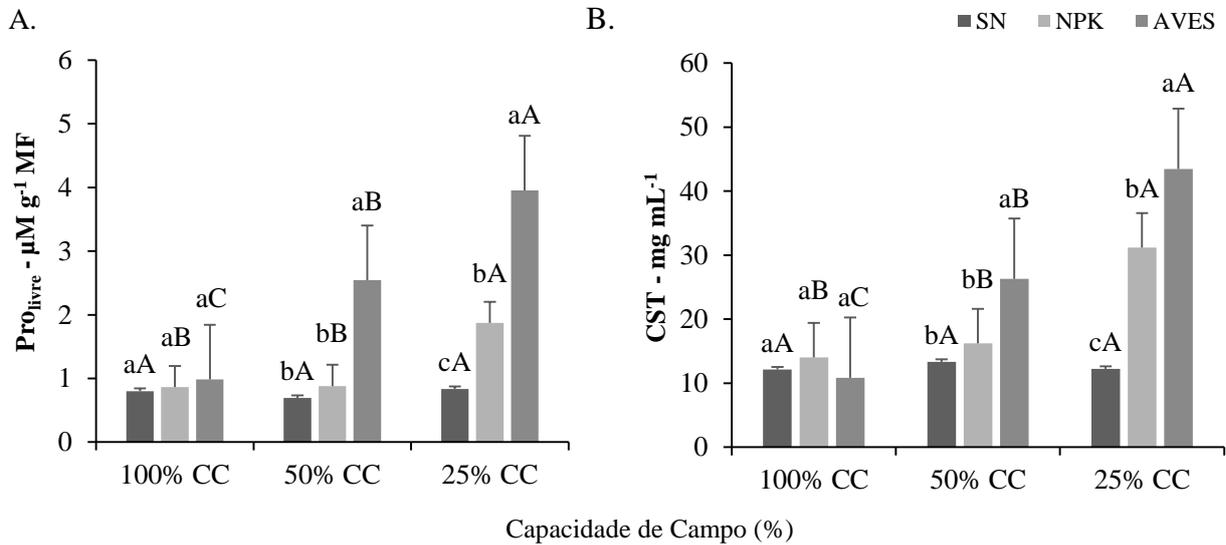
266 \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ), \* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), ns não  
 267 significativo ( $p > 0,05$ ) CV= Coeficiente de Variação

268

269 As plantas podem ser moduladas por vários fatores ambientais e em condições de estresse,  
 270 respondem de diversas formas, dentre elas a síntese de osmorreguladores (TAIZ; ZEIGER, 2013).  
 271 Ao verificar os teores de prolina livre (2,5 a 3,9  $\mu\text{Mg MF}$ ) e carboidratos (26,2 a 43,4  $\text{mg mL}^{-1}$ ),  
 272 observou-se acúmulo crescente desses solutos nas plantas cultivadas com esterco de aves à medida  
 273 que a disponibilidade de água no solo diminuiu de 50 a 25 % (Figura 3). O aumento na síntese desses  
 274 solutos, é uma resposta ao baixo teor de água nos tecidos foliares (Figura 2 C) que pode estar  
 275 relacionado a ação conjunta do estresse hídrico provocado pela baixa disponibilidade hídrica no solo

276 e ao estresse osmótico, causado pela grande quantidade de  $\text{Na}^+$  presente no esterco de aves (Tabela  
277 1).

278



279

280 Figura 3. Interação do estresse hídrico e adubação nos teores de prolina livre (Pro<sub>livre</sub>) (A) e carboidratos solúveis totais (CST) (B) em  
281 plantas de *Hyptis suaveolens*. Colunas seguidas de letras minúsculas iguais para adubação e maiúsculas iguais para disponibilidade  
282 hídrica, não diferem pelo teste de Tukey (\*\*P ≤ 0,01).

283

284 Embora a *H. suaveolens* seja uma espécie que apresente mecanismo de escape a seca,  
285 completando todo seu ciclo de vida na estação chuvosa, em situações de estresse hídrico apresentou  
286 capacidade de sobrevivência por meio do ajuste osmótico, estabelecido mediante os altos teores de  
287 prolina e carboidratos nos tecidos foliares. Esses resultados estão de acordo com Monteiro et al.  
288 (2010) que relataram que o estresse hídrico e salino em plântulas de guandu, promoveram acúmulo  
289 crescente de prolina, tanto na parte aérea como na raiz. Da mesma forma, Maia et al. (2007),  
290 estudando a resposta de plantas de milho sob estresse hídrico, observaram altos teores de prolina e  
291 carboidratos em suas folhas. Para *H. suaveolens* a presença do esterco de aves favoreceu o  
292 desenvolvimento das plantas apenas sob 100 % da CC. Através da Figura (1A) comprova-se que à  
293 medida que a quantidade de água diminuiu provocou decréscimo na biomassa de parte aérea. A alta  
294 concentração de  $\text{Na}^+$  no esterco, provavelmente desencadeou estresse osmótico no solo dificultando  
295 a absorção de água pela planta.

296 A produção de pigmentos fotossintéticos, sob condições de estresse hídrico é particularmente  
297 afetada, pois a perda de clorofila provoca declínio progressivo na capacidade das plantas de absorver  
298 energia luminosa para síntese de fotoassimilados (SILVA et al., 2014). No entanto, não foi observado  
299 influência negativa do estresse hídrico na síntese desses pigmentos, mesmo nas plantas adubadas com

300 esterco de aves, para as quais se atribuiu menor TRA e maior ajuste osmótico. Os maiores valores de  
 301 clorofila a, b e totais foram observados nas plantas tratadas com adubo orgânico independentemente  
 302 das condições hídricas (Tabela 5).

303

304 Tabela 5. Resumo das análises de variância, médias e erro-padrão dos teores de clorofilas a, b e totais  
 305 em plantas de *Hyptis suaveolens* submetidas a adubação e diferentes regimes hídricos. Mossoró/RN,  
 306 2015

FV	GL	Valores de F (Pigmentos Fotossintéticos ( $\mu\text{g g}^{-1}$ MF))		
		Clorofila "a"	Clorofila "b"	Clorofilas Totais
Adubação (F1)	2	7,5073**	4,1014*	9,9238**
Capacidade de campo (F2)	2	3,8652 ns	0,5225 ns	1,8624 ns
F1 X F2	4	1,2151 ns	0,8532 ns	0,9372 ns
Tratamentos	8	3,4507*	1,5826 ns	3,4152 ns
Médias $\pm$ Erro Padrão				
	Solo Natura (SN)	24,8 b $\pm$ 69,4	13,1 b $\pm$ 35,8	28,2 b $\pm$ 97,2
Adubação	SN+ NPK	29,3 ab $\pm$ 92,2	17,5 ab $\pm$ 46,0	34,5 ab $\pm$ 102,5
	SN+AVES	36,0 a $\pm$ 202,8	19,6 a $\pm$ 76,9	41,5 a $\pm$ 218,1
CV%		20,56	29,23	18,29

307 Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem-se pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ). Valores  
 308 transformados em  $x = \sqrt{x}$

309

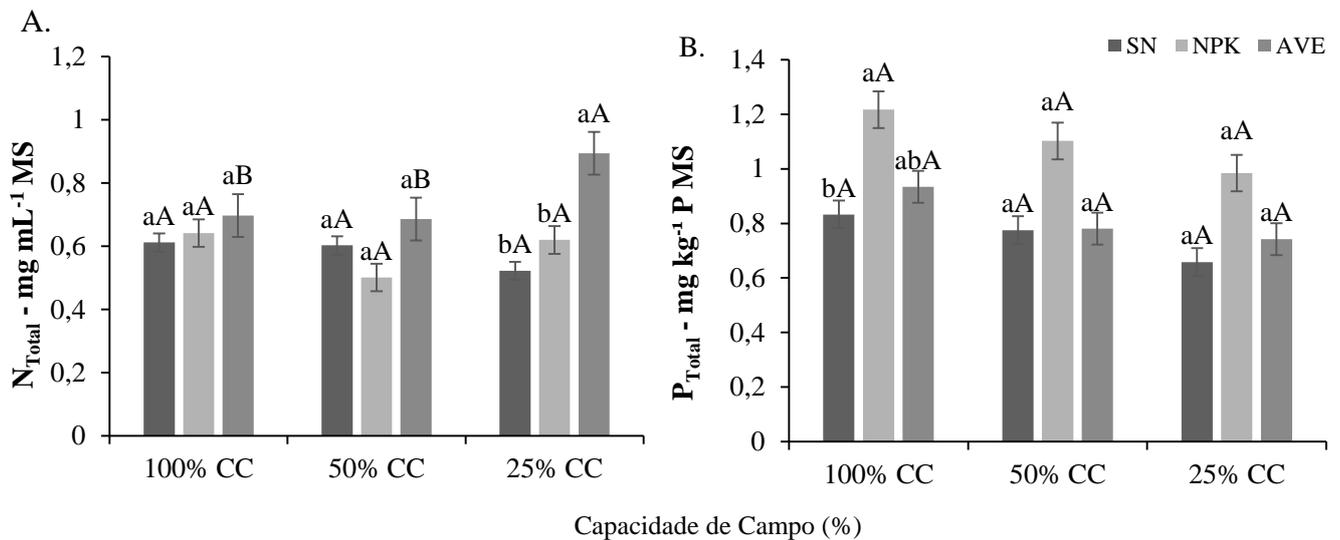
310 Corrêa et al. (2009), em estudo com adubação orgânica (aves e bovino) observaram um  
 311 aumento significativo nos teores de clorofilas a e b em plantas de orégano, em função desse tipo de  
 312 adubação. De acordo com esses autores esse aumento foi devido à maior disponibilidade de nutrientes  
 313 como nitrogênio e magnésio na solução do solo, os quais fazem parte da estrutura da molécula de  
 314 clorofila. Costa et al. (2008) também observaram aumentos nos teores de clorofilas, estudando  
 315 adubação orgânica em *Ocimum selloi* Benth. Para o presente estudo observou-se que tanto o esterco  
 316 de aves quanto o NPK, foram favoráveis ao desenvolvimento de *H. suaveolens*. Contudo, a adição da  
 317 adubação orgânica sobressaiu-se, por promover maior disponibilidade de nutrientes para as raízes. É  
 318 importante reforçar que as plantas adubadas com esterco e sob estresse hídrico, embora tenham  
 319 apresentado níveis de clorofila superiores em relação às dos demais tratamentos nas mesmas  
 320 condições hídricas, apresentaram menor MSPA e MSR. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de  
 321 que as plantas adubadas com esterco de aves tiveram que se ajustar osmoticamente por causa da  
 322 grande quantidade de  $\text{Na}^+$  retido nesse composto e esse ajustamento requer energia, que em geral é  
 323 desviada da produção de biomassa.

324 Incrementos nos teores de clorofila em espécies arbóreas após serem submetidas ao estresse  
 325 hídrico, foram observados por Liu et al. (2011) e esse resultado, segundo os autores, podem estar

326 relacionados ao processo de ajuste osmótico que juntamente com outros processos fisiológicos  
327 garantem a sobrevivência do vegetal a situações hídricas adversas.

328 Quanto ao acúmulo de nutrientes foliar e radicular houve interação entre os fatores para os  
329 teores de N e P ( $p < 0,05$ ) (Figura 4A e B). O nível de K foi superior na parte aérea somente em  
330 função da adubação (Figura 5A).

331



332

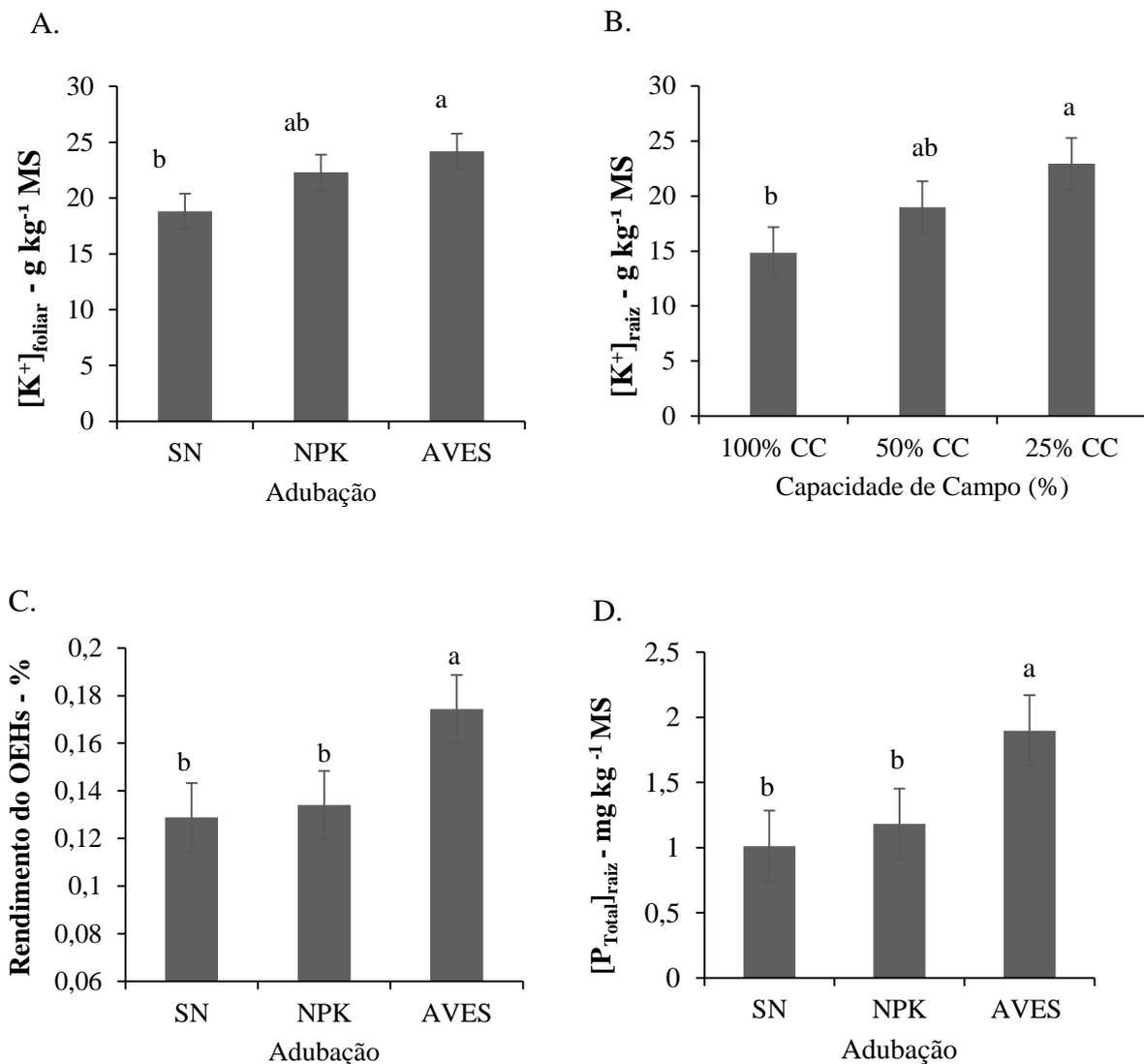
333 Figura 4. Interação da disponibilidade hídrica e substrato de cultivo para os teores de nitrogênio total (N<sub>Total</sub>) (A) e fósforo total P<sub>Total</sub>  
334 (B) na parte aérea de plantas de *Hyptis suaveolens*. Médias seguidas de letras minúsculas iguais para adubação e maiúsculas iguais  
335 para disponibilidade hídrica, não diferem pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). As barras nas colunas indicam o erro-padrão da média

336

337 Para os teores de P na raiz, houve diferença ( $p < 0,01$ ) apenas para o fator adubação. Quanto  
338 ao conteúdo de K radicular, observou-se significância ( $p < 0,05$ ) somente para a disponibilidade  
339 hídrica (Figura 5D e B).

340 A incorporação do esterco de aves ao solo, proporcionou às plantas de *H. suaveolens* maiores  
341 teores de N foliar ( $0,9 \text{ mg mL}^{-1}$ ) quando mantida sob menor restrição hídrica 25 % CC (Figura 4A).  
342 Para os demais tratamentos os níveis desse nutriente foram semelhantes, não havendo diferença,  
343 quando em boas condições hídricas. A análise físico-química dos substratos (Quadro 1) demonstra que  
344 os níveis de N foram semelhantes nos tratamentos sem adubação e com adubação orgânica, havendo  
345 uma pequena diferença nos tratamentos com NPK. Contudo, mesmo sob condições hídricas limitadas,  
346 o esterco de aves forneceu a *H. suaveolens*, maiores acúmulos de N foliar. Tal resultado pode ser  
347 justificado pelo acúmulo de compostos nitrogenados como a prolina, cujo nível foi elevado nas  
348 plantas desse tratamento. Resultado parecido foi observado em trabalho de Andrade (2011) onde  
349 aumentos nas doses de nitrogênio e potássio contribuíram para amenizar os prejuízos do estresse  
350 hídrico em plantas cafeeiros jovens.

351



352 Figura 5. Teores de potássio na parte aérea \* (A) e nas raízes \*(B), rendimento do óleo essencial\*\* (C) e concentração de fósforo total  
 353 nas raízes ([P<sub>Total</sub>]<sub>raiz</sub>) \*(D) em plantas de *Hyptis suaveolens* sob influência da adubação e disponibilidade hídrica. Letra iguais nas  
 354 colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a \*\* (p<0,01) e \* a (P < 0,05). As barras nas colunas indicam o erro-padrão da média.  
 355

355

356 Quanto aos níveis de P na parte aérea, os maiores teores foram proporcionados pelo substrato  
 357 contendo adubação orgânica e inorgânica em todas as capacidades hídricas estudadas, com exceção do  
 358 tratamento SN mantido com 100 % CC (Figura 4B). No entanto, observou-se uma leve queda do P  
 359 com a diminuição do potencial hídrico do solo nas plantas cultivadas com NPK, embora não tenha  
 360 havido diferença estatística entre os tratamentos. De acordo com Dominghetti et al. (2014) isso  
 361 ocorre, devido à menor difusão do P da solução do solo para as raízes. O nível de P das raízes foi  
 362 significativamente mais elevado nas plantas tratadas com esterco de aves (Figura 5D).

363 Cunha et al. (2012) relataram aumento no teor de N na parte aérea das plantas de capim-limão  
 364 adubadas com esterco bovino sob baixo condições hídricas, enquanto os teores de K foram elevados

365 em função da adubação bovina sob boas condições hídricas. Por outro lado, Moreira et al. (2005)  
366 obtiveram excelentes resultados utilizando adubação nitrogenada e fosfatada em *Calendula*  
367 *officinalis*. Segundo esses autores a adição de N e P inorgânico aumentaram os teores desses  
368 nutrientes na parte aérea e nos capítulos florais. Silva et al. (2001) em estudo sobre o efeito do  
369 nitrogênio e potássio na nutrição do pimentão cultivado em ambiente protegido, observaram que o N  
370 proporcionou o acúmulo de nutrientes na parte aérea, ao final do ciclo de cultivo e que o K contribuiu  
371 para a absorção de nutrientes, somente quando presente em baixas concentrações no solo.

372 Embora não tenha havido interação significativa entre os fatores de estudo para os teores de  
373 K foliar, observou-se que ambos tratamentos com adubação mantiveram os maiores valores desse  
374 nutriente (24,2 g kg<sup>-1</sup> MF) para os substratos contendo esterco de aves e (22,3 g kg<sup>-1</sup> MF) para os  
375 substratos contendo adubação inorgânica. Por outro lado, as plantas cultivadas sem adubação  
376 obtiveram os menores valores (18,8 g kg<sup>-1</sup> MF) desse nutriente (Figura 5A). A elevação nos teores de  
377 K no tecido foliar, pode estar relacionado ao processo de osmorregulação celular, visto que o K  
378 participa ativamente no processo de expansão celular e a abertura e fechamento dos estômatos. Além  
379 disso, em condições de estresse hídrico, a planta tem a demanda por potássio aumentada, para manter  
380 a fotossíntese e proteger os cloroplastos de danos oxidativos (CAKMAK, 2005).

381 Quanto aos teores de K na raiz (Figura 5B), observou-se incremento desse nutriente em função  
382 da menor disponibilidade hídrica (25 % CC). Tais resultados podem estar atrelados a baixa umidade  
383 do solo, e aos altos níveis desse nutriente nos substratos de estudo, sugerindo que o menor teor de  
384 umidade no solo imposto às mudas dificultou a alocação desse nutriente para as demais partes da  
385 planta, conseqüentemente favorecendo o acúmulo nos tecidos radiculares. Resultados distintos foram  
386 descritos por Rosolem et al. (2003), onde verificou-se que a água do solo, desde que não seja limitante  
387 ao crescimento da planta, o estresse hídrico não interfere nos mecanismos de transporte de K para o  
388 tecido radicular.

389 O rendimento do óleo de *H. suaveolens* (OEHs) mostrou-se significativo somente para o fator  
390 adubação, sendo o esterco de aves o que possibilitou maior percentual de óleo produzido (0,17 %)  
391 em relação às plantas cultivadas com NPK (0,13 %) e o controle (0,12 %) (Figura 5C). Esse resultado  
392 está relacionado ao aumento de biomassa da parte aérea e foi superior ao encontrados por Silva et al.  
393 (2003) que estudando o rendimento do óleo da mesma espécie, obtiveram 0,037 % de rendimento  
394 total por planta. Rendimento maior, foi descrito por Zoghbi et al. (2008) que também estudando *H.*  
395 *suaveolens*, obtiveram valores que variaram de 0,5 a 0,1 % de óleo. Vários relatos com outras espécies  
396 também afirmam que a adubação orgânica favorece a produção de óleo essencial por estar atrelada a  
397 uma maior produção de biomassa (Silva et al., 2003; Castro et al., 2007; Costa et al., 2008). No  
398 entanto, em estudo de Pinto et al. (2014) verificou-se que o estresse em diferentes intervalos de

399 irrigação sobre capim-limão, aumentou a produção do óleo essencial, embora, não tenha gerado  
 400 diferenças na produtividade de matéria seca e altura das plantas. Também foi observado o incremento  
 401 de óleo essencial em plantas de capim-citronela sob adubação química (SEIXAS et al., 2013).

402 Embora as condições de estresse hídrico do presente estudo não tenham favorecido o aumento  
 403 no rendimento do óleo, sabe-se que a *H. suaveolens* é bastante sensível as condições hídricas no solo.  
 404 Nesse sentido, tornam-se necessários estudos em campo, sob um maior tempo de estresse ou após a  
 405 formação das inflorescências que também apresentam teores de óleos essenciais.

406

407

## CONCLUSÕES

408 A adição do esterco de aves ao solo proporcionou as plantas de *Hyptis suaveolens* melhores  
 409 condições de crescimento, expressado com maiores valores de biomassa seca de parte aérea, quando  
 410 em condições hídricas favoráveis (100 e 50 % da CC)

411 Os teores de proteínas totais, clorofilas a, b e totais aumentaram em função da adubação orgânica  
 412 e inorgânica.

413 Os teores de prolina e carboidratos foram mais elevados, nas plantas com estresse hídrico mais  
 414 severo.

415 A adubação orgânica é recomendada para a espécie como fonte de nutrientes, no entanto, sob  
 416 boas condições hídricas (50 e 100 %).

417 Em função da maior produção de biomassa, a adubação orgânica proporcionou melhor  
 418 rendimento do óleo essencial.

419

420

## REFERÊNCIAS

421 Andrade MAF. Relações hídricas e crescimento de plantas jovens de café sob diferentes regimes  
 422 hídricos e doses de N e K [Dissertação]. Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste  
 423 da Bahia; 2011.

424

425 AOAC – Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 15  
 426 ed. Washington: AOAC, 1990.

427

428 Baethgen WE, Alley MM. A manual colorimetric procedure for measuring ammonium nitrogen in  
 429 soil and plant Kjeldahl digest. Commun Soil Sci Plant Anal. 1989; 20: 961-9. doi:  
 430 10.1080/00103628909368129

431

432 Bates LS, Waldren RP, Teare ID. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant  
 433 Soil. 1973;39:205-7. doi: 10.1007/BF00018060

434

435 Benincasa MMP. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal: FUNEP, 1988.

436

- 437 Bradford MMA. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein  
438 utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem.* 1976;72: 248-54. doi:10.1016/0003-  
439 2697(76)90527-3
- 440
- 441 Cakmak I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *J Soil*  
442 *Sci Plant Nutr.* 2005; 168:521-30. doi: 10.1002/jpln.200420485
- 443
- 444 Campos VB, Chaves LHG, Guerra HOC. Adubação com NPK e irrigação do girassol em Luvisolo:  
445 Comportamento vegetativo. *Ambi-Agua.* 2015; 10: 221-33. doi.org/10.4136/ambi-agua.1482
- 446
- 447 Castro HG, Barbosa LCA, Leal TCAB, Souza CM, Nazareno AC. Crescimento, teor e composição  
448 do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.). *Rev Bras Plantas Med.* 2007; 9: 55-61.
- 449
- 450 Conti B, Benelli G, Flamini G, Pier L, Profeti R, Ceccarini L, Macchia M, Canale A. Larvicidal  
451 and repellent activity of *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae) essential oil against the mosquito *Aedes*  
452 *albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae). *Parasitol Res.* 2012; 110: 2013-21. doi: 10.1007/s00436-011-  
453 2730-8
- 454
- 455 Corrêa RM, Pinto JEBP, Reis ES, Oliveira C, Castro EM, Brant RS. Características anatômicas  
456 foliares de plantas de orégano (*Origanum vulgare* L.) submetidas a diferentes fontes e níveis de  
457 adubação orgânica. *Acta Sci Agron.* 2009; 31: 439-44. doi: 10.4025/actasciagron.v31i3.690
- 458
- 459 Correa MP, Penna LA. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de  
460 Janeiro: Imprensa Nacional, 1984.
- 461
- 462 Costa LCB, Rosal LF, Pinto JEBP, Bertolucci SKV. Efeito da adubação química e orgânica na  
463 produção de biomassa e óleo essencial em capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.]. *Rev*  
464 *Bras Plantas Med.* 2008; 10: 16-20.
- 465
- 466 Cunha E, Martins DS, Carvalho GJA, Espindola JAA. Adubação orgânica e teores de nutrientes no  
467 capim-limão. *Rev Biol.* 2012; 9:1-5. doi: 10.7594/revbio.09.01.01
- 468
- 469 Dominghetti AW, Scalco MS, Guimarães RJ, Silva DRG, Carvalho JPS, Pereira VA. Doses de  
470 fósforo e irrigação na nutrição foliar do cafeeiro. *Rev Bras Eng Agríc Amb.* 2014; 18:1235-40. doi:  
471 <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1235-1240>
- 472
- 473 Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. Colorimetric method for determination of  
474 sugar and related substances. *Anal Chem.* 1956; 28: 350-6. doi: 10.1021/ac60111a017
- 475
- 476 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Métodos de análise de tecidos vegetais  
477 utilizados na Embrapa Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2000.
- 478
- 479 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Serviço Nacional de Levantamento e  
480 Conservação de Solos: Súmula x Reunião Técnica de Levantamento de Solo. Rio de Janeiro, 1997.
- 481
- 482 Falcão DQ, Menezes FS. Revisão etnofarmacológica, farmacológica e química do gênero *Hyptis*.  
483 *Rev Bras Farmacogn.* 2003; 84: 69-74.
- 484
- 485 Hoffmann I, Gerling D, Kyiogwom UB, Mané- Bielfeldt A. Farmers management strategies to  
486 maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. *Agric Ecosyst Environ.* 2001, 86: 263-  
487 75. doi: 10.1016/S0167-8809(00)00288-7

- 487 Khan AA, Robinson DS. Hydrogen donor specificity of mango isoperoxidases. Food Chem. 1994;  
488 49: 407-10. doi:10.1016/0308-8146(94)90013-2
- 489
- 490 Kiehl EJ. Novos fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Degaspari; 2010.
- 491
- 492 Liu C, Liu Y, Guo K, Fan D, LI G, Zheng, Y, Yu L, Yang R. Effect of drought on pigments,  
493 osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of  
494 southwestern China. Environ Exp Bot. 2011; 71: 174-83. doi:10.1016/j.envexpbot.2010.11.012
- 495
- 496 Lenhard NR, Scalon SPQ, Novelino JO. Crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia*  
497 *férrea* MART. ex Tul. var. *leiostachya* Benth.) sob diferentes regimes hídricos. Cienc Agrotec.  
498 2010; 34: 870-7. doi: 10.1590/S1413-70542010000400011
- 499
- 500 Lorenzi H, Mattos FJ. A. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. Nova Odessa: Instituto  
501 Plantarum, 2002.
- 502
- 503 Lourenço KS, Corrêa JC, Ernani PR, Lopes LS, Nicoloso RS. Crescimento e absorção de nutrientes  
504 pelo feijoeiro adubado com cama de aves e fertilizantes minerais. Rev Bras Cienc Solo. 2013;  
505 37:462-71. doi: 10.1590/S0100-06832013000200017
- 506
- 507 Maia SS, Pinto JEBP, Silva FNDA, Oliveira C. Influência da adubação orgânica e mineral no  
508 cultivo do bamburral (*Hyptis suaveolens* (L.) Poit.) (Lamiaceae). Rev Bras Cienc Agrár. 2008; 3:  
509 327-31. doi: 10.5039/agraria.v3i4a331
- 510
- 511 Maia PSP, Neto CFO, Castro DS, Freitas JMN, Lobato AKS, Costa RCL. Conteúdo relativo de  
512 água, teor de prolina e carboidratos solúveis totais em folhas de duas cultivares de milho submetidas  
513 a estresse hídrico. Rev Bras Biocienc. 2007; 5: 918-20.
- 514
- 515 Malendo M, Geménes E, Cano E, Mercado FG, Vale F. The endemic flora in the South of the  
516 Iberian Peninsula: Taxonomic composition, biological spectrum, pollination, reproductive mode  
517 and dispersal. Flora (Other). 2003; 198: 260-76. doi:10.1078/0367-2530-00099
- 518
- 519 Malele RS, Mutayabarwa CK, Mwangi JW, Thoithi GN, Lopez AG, Lucini EI, Zygadlo JA.  
520 Essential oil of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. from Tanzania: composition and antifungal activity. J  
521 Essent Oil Res. 2003; 15: 438-40. doi: 10.1080/10412905.2003.9698633
- 522
- 523 Martins FT, Santos MH, Polo M, Barbosa LCA. Variação química do óleo essencial de *Hyptis*  
524 *suaveolens* sob condições de cultivo. Quím Nova. 2006;29: 1203-9. doi:10.1590/S0100-  
525 40422006000600011
- 526
- 527 Mapeli NC, Vieira MC, Heredia ZN, Siqueira JM. Produção de biomassa e de óleo essencial dos  
528 capítulos florais da camomila em função de nitrogênio e fósforo. Hortic Bras. 2005; 23: 32-37.
- 529
- 530 Meira MR., Melo MTP de, Martins ER, Pinto MJ da S, Santana CS. Crescimento vegetativo,  
531 produção de fitomassa e de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. sob diferentes lâminas de  
532 irrigação. Cienc. Rural. 2013; 43:779-85.
- 533
- 534 Monteiro JG, Cruz FJR, Nardin MB, Santos DMM dos. Crescimento e conteúdo de prolina em  
535 plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. Pesq Agropec Bras.  
536 2014; 49:18-25. doi: 10.1590/S0100-204X2014000100003

- 537 Moreira ACP, Lima EO, Wanderley PA, Carmo ES, Souza EL. Chemical composition and  
538 antifungal activity of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit leaves essential oil against *Aspergillus species*.  
539 Braz J Microbiol. 2010; 41: 28-33. doi: 10.1590/S1517-83822010000100006  
540
- 541 Moreira PA, Marchetti ME, Vieira MC, Novelino JO, Gonçalves MC, Robaina AD.  
542 Desenvolvimento vegetativo e teor foliar de macronutrientes da calêndula (*Calendula officinalis* L.)  
543 adubada com nitrogênio e fósforo. Rev Bras Plantas Med. 2005; 8: 18-23.  
544
- 545 Muhumed MA, Jusop S, Sung CTB, Wahab PEM, Panhwar QA. Effects of drip irrigation  
546 frequency, fertilizer sources and their interaction on the dry matter and yield components of sweet  
547 corn. Aust J Crop Sci. 2014; 8: 223-31.  
548
- 549 Noegroho SP, Srimulyani MB. Larvicidal activity of *Hyptis suaveolens* essential oil toward 4th  
550 instar *Aedes aegypti* larvae and gas chromatographic mass spectroscopic analysis of the oil.  
551 Indonesian J Pharm. 1997; 8:160-70. doi: 10.1007/s00436-011-2730-8  
552
- 553 Pinto DA, Mantovani EC, Melo E de C, Sediya GC, Vieira GHS. Produtividade e qualidade do  
554 óleo essencial de capim-limão, *Cymbopogon citratus*, DC., submetido a diferentes lâminas de  
555 irrigação. Rev Bras Plantas Med. 2014; 16: 54-61. doi:10.1590/S1516-05722014000100008  
556
- 557 Plank CO. Plant analysis reference procedures for the Southern region of the United States:  
558 Southern cooperative series bulletin. 368 ed. Geórgia. Universidade da Geórgia;1992. (Boletim  
559 técnico, 368).  
560
- 561 Pravuschi PR, Marques PAA, Rigolin BHM.; Santos ACP. Efeito de diferentes lâminas de irrigação  
562 na produção de óleo essencial do manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). Acta Sci. Agron. 2010; 32:  
563 687-693. doi: 10.4025/actasciagron.v32i4.3160  
564
- 565 Rosal LF, Pinto JEBP, Bertolucci SKV, Brant R da S, Niculau E Dos S, Alves PB. Produção  
566 vegetal e de óleo essencial de boldo pequeno em função de fontes de adubos orgânicos. Rev.  
567 Ceres.2011; 58: 670-678.  
568
- 569 Rosolem CA, Mateus GP, Godoy LJG, Feltran JC, Brancalião SR. Morfologia radicular e  
570 suprimento de potássio às raízes de milho de acordo com a disponibilidade de água e potássio.  
571 Rev Bras Cienc Solo. 2003; 27: 875-84. doi.org/10.1590/S0100-06832003000500012  
572
- 573 Sales JF, Pinto JEBP, Botrel PP, Silva FG, Correa RM, Carvalho JG de. Acúmulo de massa, teor  
574 foliar de nutrientes e rendimento de óleo essencial de hortelã-do-campo (*Hyptis marruboides* EPL.)  
575 cultivado sob adubação orgânica. Biosci. J. 2009; 25: 60-8.  
576
- 577 Scalon DPQ, Mussury RM, Euzébio VLM, Kodama FM, Kissman C. Estresse hídrico no  
578 metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). Cienc Flor.  
579 2011; 21: 655-62.  
580
- 581 Seixas PTL, Castro HG, Cardoso DP, Chagas Júnior AF, Nascimento IR, Barbosa LCA. Efeito da  
582 adubação mineral na produção de biomassa e no teor e composição do óleo essencial do capim-  
583 citronela. Biosci J. 2013; 29: 852-8.  
584

- 585 Silva MA, Santos CM, Vitorino HS, Rhein AFL. Pigmentos fotossintéticos e índice spad como  
586 descritores de intensidade do estresse por deficiência hídrica em cana-de-açúcar. Biosci J. 2014;  
587 30:173-81.  
588
- 589 Silva WB. O lugar da farmacognosia na formação em farmácia: questões epistemológicas e suas  
590 implicações para o ensino. Rev Bras Farmacogn. 2010; 20: 289-94. doi.org/10.1590/S0102-  
591 695X2010000200025  
592
- 593 Silva AF, Barbosa LCA, Silva EAM, Casali VWD. Nascimento, E. A. Composição química do óleo  
594 essencial de *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Lamiaceae). Rev. Bras. Pl. Med. 2003; 6:1-7.  
595
- 596 Silva J da, Lima e Silva OS, Oliveira M de; Barbosa e Silva KM. Efeito de esterco bovino sobre os  
597 rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. Hort. bras. 2004;22: 326-331.  
598 doi.org/10.1590/S0102-05362004000200033  
599
- 600 Silva MAG, Boaretto AE, Muraoka T, Fernandes HG, Granja FA, Scivittaro WB. Efeito do  
601 nitrogênio e potássio na nutrição do pimentão cultivado em ambiente protegido. R. Bras. Ci. Solo.  
602 2001; 25:913-922. doi.org/10.1590/S0100-06832001000400014  
603
- 604 Silva PA, Blank AF, Arrigoni-Blank MF, Barretto MCV. Efeitos da adubação orgânica e mineral na  
605 produção de biomassa e óleo essencial do capim-limão [*Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf]. Rev  
606 Cienc Agron. 2003; 34:5-9.  
607
- 608 Slavik B. Methods of studying plant water relations. New York, Springer-Verlag, 1979.  
609 Taiz L, Zeiger E. Fisiologia Vegetal. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed; 2013.  
610
- 611 Vijay RAJ, Pandiyarajan V, Petchimuthu K. Comparison of chemical composition of the essential  
612 oil of *Hyptis suaveolens* (L.) Poit leaves from different regions of Tamil Nadu. IJPSR. 2011; 2:  
613 2822-4. doi:1http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.2(11).2822-24  
614
- 615 Welburn AR. The spectral determination of chlorophylls a e b, as well as total carotenoids, using  
616 various solvents with spectrophotometers of different resolution. J Plant Physiol. 1994; 144: 307-  
617 13.  
618
- 619 Willie WKT, Owusu-Sekyere JD, Sam-Amoah LK. Interactions of deficit irrigation, chicken  
620 manure and NPK 15:15:15 on okra growth and yield and soil properties. Asian J Agric Res. 2016;  
621 10: 15-27. doi: 10.3923/ajar.2016.15.27  
622
- 623 Zoghbi MGB, Jardim MAG, Oliveira J, Trigo JR. Composição química dos óleos essenciais de  
624 *Hyptis suaveolens* (L.) POIT.: uma espécie de ocorrência natural no nordeste paraense. Rev Bras  
625 Farm. 2008; 89: 6-9.

## APÊNDICE

## APÊNDICE A- DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE CAMPO DO VASO

- **Capacidade de campo estimada**

Para a determinação da capacidade de campo (CC) tomou-se uma amostra de cada tratamento, a qual se constituiu de três vasos com capacidade para oito litros, contendo o volume de 9 kg de substrato completamente seco. Os substratos foram transferidos para os respectivos recipientes, onde tiveram seus pesos conhecidos, antes e após, a distribuição do solo seco, tomando o cuidado de desprezar o peso do vaso. Em seguida os vasos contendo os substratos foram colocados num recipiente maior contendo água em volume conhecido que ascendeu por capilaridade para saturação do substrato. Ao atingir a saturação completa do nível superior dos substratos nos recipientes foi determinada a “capacidade do vaso” a partir da seguinte equação 1.

$$CC = \frac{(PSH+PE)-(PSS+PE)}{PSS} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

CC = capacidade de campo % em peso;

PSH = Peso do solo úmido (g);

PE = Peso do recipiente no momento da pesagem (g);

PSS = Peso do solo seco (g).

Após o estabelecimento das mudas nos vasos, as mesmas foram pesadas diariamente, obtendo-se, assim, a referência para manutenção da umidade (100, 50 e 25% da capacidade do vaso)

## APÊNDICE B- DESCRIÇÃO DAS ANÁLISES BIOQUÍMICA

### Determinação de Prolina

Para quantificação dos níveis de prolina livre, utilizou-se 0,5 mg de folhas frescas, colhidas entre 6 e 7 horas da manhã. O material fresco foi macerado em gral de porcelana, contendo 10 mL de ácido 5- sulfosalicílico a 3% (p/v) e em seguida centrifugado a 2600 rpm durante 6 min. Adicionou-se a tubos de ensaio com tampa, 3,0 mL do sobrenadante, 3,0 mL de ácido acético glacial PA e 3,0 mL de ninhidrina ácida. Em seguida, a mistura foi aquecida em banho-maria por 1 hora a 100 °C. Decorrido esse tempo, as amostras foram resfriadas em banho de gelo, e em seguida foi adicionado à amostra 6 mL de tolueno (PA) para separação das fases (Figura 1).

**Figura 1.** Quantificação de prolina livre em folhas de *Hyptis suaveolens* sob influência da adubação e estresse hídrico. Mossoró/RN, 2015.



Fonte: Acervo de pesquisa

A leitura das amostras foi realizada em espectrofotômetro no comprimento de onda 520 nm, segundo Bates et al. (1973). Os dados de absorbância foram obtidos mediante a equação 2.

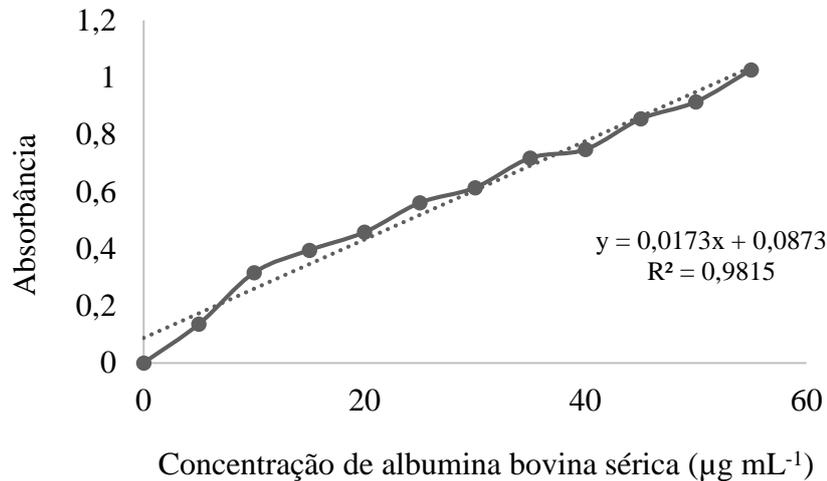
$$\mu\text{g prolina mL}^{-1} * \frac{\text{mL tolueno}}{115,5 \mu\text{g } \mu\text{mol}^{-1}} * \frac{5}{\text{g amostra}} \quad \text{Eq.2}$$

### Proteínas Totais (PT)

Para obtenção dos teores de proteínas totais utilizou-se amostras de tecido vegetal recém coletadas e imediatamente congeladas em nitrogênio líquido a -20 °C. A extração proteica, deu-se a partir da maceração de 0,500 g de amostras congeladas, em tampão de extração (tampão de fosfato de potássio) a 100 mM (pH=6,5) acrescido de 1 mM de Ascorbato. O homogeneizado foi centrifugado a 10.000 rpm durante 30 min para obtenção do extrato bruto (KHAN E ROBINSON, 1994). Para a quantificação de proteínas totais utilizou-se 50 µL da amostra e 4 mL de solução de Coomassie Brilliant Blue, sendo em seguida efetuada a leitura em espectrofotômetro a 595 nm. Para obtenção da

concentração de proteínas solúveis utilizou-se uma solução padronizada de albumina sérica bovina (BSA) a  $100 \text{ mg mL}^{-1}$  em diferentes concentrações: de  $0,0$  a  $55 \text{ } \mu\text{g mL}^{-1}$ .

**Figura 2.** Curva padrão de Proteínas totais.



Os cálculos da concentração de proteínas, foi baseado no fator de calibração da curva padrão utilizando a seguinte equação 3.

$$mgPT \text{ ml}^{-1} = Abs \text{ proteínas} * FC * FD / 1000 \quad \text{Eq. 3}$$

Em que:

*Abs proteínas*: é a absorbância das proteínas;

FC: fator de correção

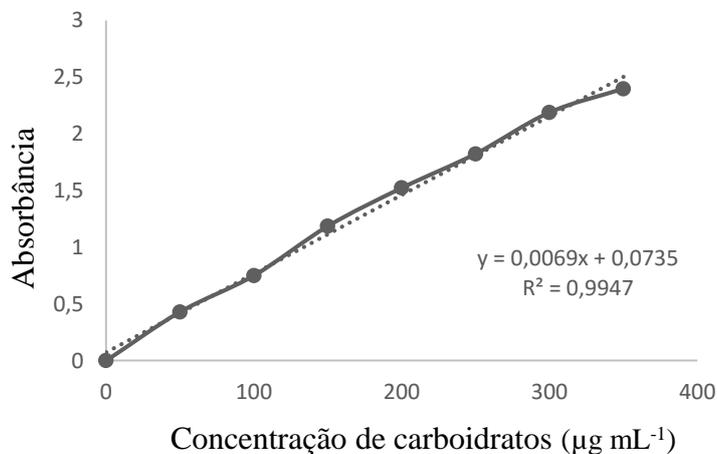
FD: Fator de diluição

### Carboidratos Totais Solúveis

A extração de carboidratos solúveis totais foi realizada segundo o método de Dubois (1956) com modificações. Para tanto, 250 mg de material vegetal fresco foi triturado, em seguida macerado com 5 mL de etanol a 80%. O extrato resultante foi transferido para tubo de ensaio e incubado a  $80 \text{ } ^\circ\text{C}$  em banho-maria durante 1h. Após aquecimento as amostras permaneceram em repouso a temperatura ambiente. Depois de frio o extrato foi centrifugado a  $1500 \times g$ , durante 5 minutos. Após

a centrifugação, 2 mL do sobrenadante foi transferido para outro tubo de ensaio, adicionando-se a este 2 mL de clorofórmio e 2 mL de água deionizada, deixando a mistura em repouso durante 45 a 60 minutos até obter a separação de fases, compostas por pigmentos no fundo do tubo e carboidratos dissolvidos em meio aquoso na parte superior (Figura 3). Dessa solução, retirou-se uma alíquota de 500  $\mu\text{L}$  a qual foi transferida para outro tubo de ensaio, em seguida adicionados 500  $\mu\text{L}$  de fenol (5%) e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado. O preparo foi deixado em repouso por 15 minutos a temperatura ambiente para o resfriamento da solução. Logo após, a solução foi agitada em vortex e, em seguida, realizada a medição da absorbância da solução em espectrofotômetro (Micronal, Modelo B572), pelo comprimento de onda a 490 nm. Para a quantificação de carboidratos a concentração foi baseada numa curva padrão de calibração realizada a partir de uma solução aquosa de glicose a uma concentração de 100 mg/100 mL (figura 4) Para o cálculo da concentração de carboidrato, utilizou-se a equação obtida a partir da curva padrão  $Y = (0,0069 * X) + 0,0735$ , em que Y corresponde a concentração de carboidratos e X a absorbância obtida.

**Figura 4.** Curva padrão para carboidratos solúveis totais



### Clorofilas a e b

Para obtenção dos pigmentos fotossintetizantes amostras de material vegetal foram coletados entre 6 e 7 horas da manhã e levadas ao laboratório. Em seguida, 50 mg de folhas foram maceradas por 2 min, em 10 mL de acetona a 80%, contendo 0,02 g de carbonato de cálcio. Após a obtenção do extrato, o mesmo foi centrifugado a 3.000 rpm por 10 minutos. As absorbâncias dos pigmentos foram quantificados em espectrofotômetro (Micronal, Modelo B572) nos comprimentos de onda de 663 e

645nm respectivamente. A concentração de pigmentos foi calculada conforme descrito por Welburn (1994) de acordo com as equações 4 e 5.

$$\text{Chla } (\mu\text{g/MF}) = 12,25 (A_{663}) - 2,79 (A_{645}) \times \text{FD} \quad \text{Eq. 4}$$

$$\text{Chlb } (\mu\text{g/MF}) = 21,50 (A_{645}) - 5,10 (A_{663}) \times \text{FD} \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

$A_{470}$  = absorvância a 470 nm;

$A_{663}$  = absorvância a 663 nm;

$A_{645}$  = absorvância a 645 nm;

### **Análises de nutrientes.**

#### **Nitrogênio Total**

A quantificação de nitrogênio total foi baseada na metodologia de digestão segundo método de Semi-micro Kjeldahl (AOAC,1990) e a determinação pelo método de fotolorimetria descrito por Baethgen e Alley (1986).

#### **Digestão**

Para a digestão das amostras, 0,02 g de matéria vegetal desidratado foram maceradas e homogeneizadas e em seguida foram transferidos para tubos de digestão acrescido de 1,1 g do catalisador (mistura de 200g de sulfato de potássio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), 20 g de sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{Cu}_2\text{SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) e 2g de selênio metálico) e 1,5 mL de ácido sulfúrico concentrado ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Posteriormente os tubos foram transferidos para o bloco digestor e aquecido a temperatura constante de 345 °C por 1h. Após a digestão e resfriamento, a amostra foi transferida para um balão e seu volume aferido para 100 mL e depois para frasco de polietileno onde ficou armazenada a temperatura de 23 °C.

#### **Fotolorimetria**

Para determinação do nitrogênio foram utilizados 500 µL da amostra digerida acrescida de 500 µL do diluente (uma solução contendo 22 g de catalizador, 61,1mL de ácido sulfúrico a 1,1 M e 1L de água destilada), 5500 µL da solução 01 (26,8 g de fosfato de sódio dibásico, 50 g de tartarato de sódio e potássio, 40 g de hidróxido de sódio e 1L água destilada), 4000 µL da solução 02 (150 g de salicilato de sódio, 0,30 g de nitroprussiato de sódio e 1L de água destilada) e 2000µL da solução

O<sub>3</sub> (uma mistura de 12 mL de hipoclorito de sódio a 2,5% e 100mL de água destilada). As absorvâncias foram quantificadas em espectrofotômetro (Micronal, Modelo B572) a 650nm. A concentração de N<sub>2</sub> total foi determinada de acordo com equação 6.

$$N_2 \% = \frac{A \times f \times Vd \text{ (mL)} \times 6,25}{Ve \text{ (}\mu\text{L)} \times Pa \text{ (g)} \times 10} \quad \text{Eq. 6}$$

Em que:

A= absorvância da amostra;

f= fator de correção;

Vd= volume de diluição do digerido;

Ve = volume do digerido (mineralizado) utilizado no ensaio;

Pa = peso ou volume da amostra (g)

### **Determinação dos nutrientes P e K Totais.**

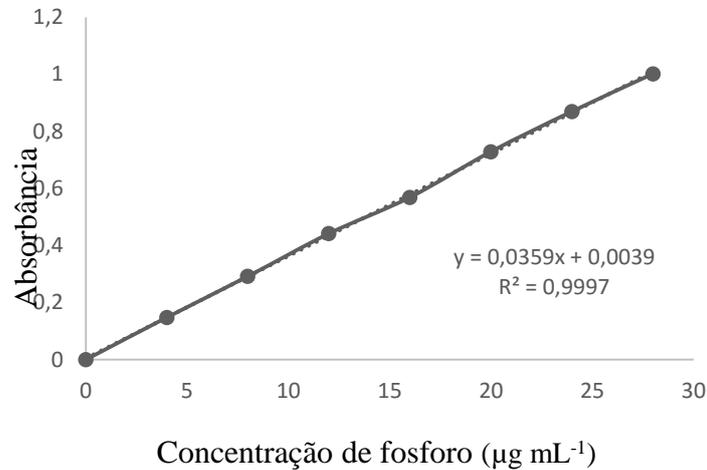
A quantificação do fosforo e do potássio foi baseado no método de digestão de tecido vegetal úmida segundo Planck, (1992).

#### **Digestão das amostras**

Para tanto, 0,50g de material vegetal desidratado (raiz e folhas)e bem homogeneizado foram transferidos para tubos de digestão acrescido de 6 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado, em seguida levados ao bloco digestor e aquecidos a 125 °C durante 1 hora. Após esse tempo, foram adicionadas as amostras, 6 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a 30% e aquecidos novamente por mais 1 hora a 125 °C. Ao final da digestão, os digeridos foram transferidos para balões e o seu volume aferido para 100 mL. Logo após, as soluções foram armazenadas em frascos de polietileno e refrigerados até o momento da leitura.

Para a quantificação do P, foi utilizado 1 mL da solução diluída da amostra acrescido de 4 mL de água destilada e 2 mL do reativo de molibdato vanadato de amônio. Para o branco das amostras, utilizou-se 5 mL de água destilada acrescido de 2 mL de reativo de molibdato vanadato de amônio. As absorvâncias foram determinadas em espectrofotômetro (Micronal, Modelo B572) a 420 nm. Para a curva de calibração de fósforo (P) utilizou-se a solução padrão de P, a partir da solução de 80 mg L<sup>-1</sup> (Figura 4).

**Figura 4.** Curva padrão de Fosforo total.



#### Determinação do K

A quantificação do K foi determinada por espectrofotometria de absorção atômica por chama (FAAS) modelo (Varian, SpectrAA 50), corrente de lâmpada 5mA, combustível acetileno, chama oxidante e suporte “ar”, adotando-se um comprimento de onda de 766,5 nm. Para referência utilizou-se a uma curva-padrão obtida com soluções que continham 10 a 90 ppm de K. Os resultados foram expressos em (mg kg<sup>-1</sup>MF). As concentrações de P e K total foram determinada de acordo com equação 7

$$[\text{mg.kg}^{-1}] = \text{mg.L}^{-1} \times \text{L.kg}^{-1} \quad \text{Eq.7}$$

Em que:

[mg.kg<sup>-1</sup>]: concentração em mg.kg<sup>-1</sup> do extrato lixiviado ou solubilizado, considerando a diluição;

[mg.L<sup>-1</sup>]: concentração em mg.L<sup>-1</sup> do extrato lixiviado ou solubilizado;

[L.kg<sup>-1</sup>]: relação entre o volume do extrato lixiviado ou solubilizado e a massa da amostra usada no ensaio da lixiviação ou solubilização.