

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE  
ECOSSISTEMAS

**MENTA (*Mentha spicata* L.) SOB PROPORÇÕES DE  
NITRATO E AMÔNIO EM AMBIENTES DE LUZ**

LUÍS CLÁUDIO VIEIRA SILVA

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
DEZEMBRO - 2020

**MENTA (*Mentha spicata* L.) SOB PROPORÇÕES DE  
NITRATO E AMÔNIO EM AMBIENTES DE LUZ**

**LUÍS CLÁUDIO VIEIRA SILVA**

Engenheiro  
Agrônomo  
Universidade Federal da Bahia  
Cruz das Almas, 2001

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas.

**ORIENTADOR: PROF. DR. ANACLETO RANULFO DOS SANTOS  
COORIENTADORA: PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. GIRLENE SANTOS DE SOUZA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
MESTRADO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSSISTEMAS  
CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2020

## FICHA CATALOGRÁFICA

S586m	<p>Silva, Luís Cláudio Vieira. Menta (<i>Mentha spicata</i> L.) sob proporções de nitrato e amônio em ambientes de luz / Luís Cláudio Vieira Silva. _ Cruz das Almas, Bahia, 2020. 47f.; il.</p> <p>Orientador: Anacleto Ranulfo dos Santos. Coorientadora: Girlene Santos de Souza.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Programa de Pós-graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas.</p> <p>1.Plantas medicinais – Menta. 2.Plantas aromáticas – Adubação – Fertilizante nitrogenado. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 581.634</p>
-------	--

Ficha elaborada pela Biblioteca Central de Cruz das Almas - UFRB.

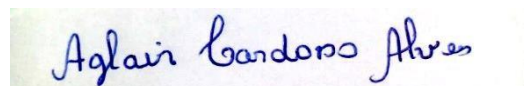
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE ECOSISTEMA**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE  
LUÍS CLÁUDIO VIEIRA SILVA**



---

Prof. Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia -UFRB  
(Orientador)



---

Profa Dra. Aglair Cardoso Alves  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - IFBAIANO



---

Profa Dra. Joseane Oliveira da Silva  
Instituto Federal da Bahia - IFBAHIA

Dissertação homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Solos e  
Qualidade de Ecossistemas em .....conferindo o Grau de Mestre em  
Solos e Qualidade de Ecossistemas em .....

A minha mãe Regina Vieira, por ser uma raiz forte que me dá sustentação para seguir os meus sonhos. A toda a minha família pela atenção, incentivo e companheirismo durante esta etapa.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela luz que guiou meus passos e continuará sempre me mostrando o caminho certo.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia em especial ao Programa de Pós Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistema, pela oportunidade de realizar esse sonho, que por muito tempo encarei como desafio.

A minha família pelo incentivo e compreensão durante esta jornada.

Ao Prof. Dr. Anacleto Ranulfo dos Santos, a Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Girlene Santos de Souza e Dr. Janderson do Carmo Lima pela amizade, confiança, dedicação e orientação durante o curso e no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Rafaela S. A. Nóbrega, Júlio César A. Nóbrega, Jorge A. Gonzaga Santos, José F de Melo Filho, Francisco Alisson da S. Xavier, Luciano da S. Souza, Franceli da Silva, Elton da S. Leite e Ossival L. Ribeiro pelos ensinamentos que foram muito além dos conteúdos do currículo e, sim para a vida.

A todos os membros do Grupo de Pesquisa Manejo de Nutrientes no Solo e em Plantas Cultivadas, especialmente a Alfredo T. de Jesus Neto, Joeferson da S. Santos, Pedro Antônio D. da Hora, Gildeon Brito e Dr Uasley Caldas pelo apoio incondicional na execução dos trabalhos.

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa de estudo.

Aos nobres colegas e amigos, Caliane Braulio, Andreza Correia, Amanda Oliveira, Elielva Oliveira, Lucas Mota, Catiursia Dias, Davi Santos, João Vieira, Karolina Montenegro, Luise Oliveira, Raissa Gonçalves, Marcus e Felipe pelo apoio, carinho, amizade e por compartilharmos o conhecimento científico.

Aos Servidores Taís, Edson, Hamilton, Gabriela, Vitória, Geovane e Darlone pelo apoio prestado na realização dos serviços.

Enfim, a todos que de alguma forma tornaram este caminho mais fácil de ser vencido.

Obrigado a todos!

# MENTA (*Mentha spicata* L.) SOB PROPORÇÕES DE NITRATO E AMÔNIO EM AMBIENTES DE LUZ

Autor: Luís Cláudio Vieira Silva

Orientador: Anacleto Ranulfo dos Santos

Coorientadora: Girlene Santos de Souza

**RESUMO:** A luminosidade e a nutrição mineral de plantas são os fatores abióticos que mais influenciam no crescimento, desenvolvimento e produção de metabólitos secundários em plantas medicinais, aromáticas e condimentares. O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento, desenvolvimento e produção de óleo essencial de *Mentha spicata* L. cultivada em proporções de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e ambientes de luz. Este documento é constituído por dois capítulos, o primeiro, demonstra o crescimento vegetativo de *M. spicata* L. sob proporções iônicas de ( $\text{NO}_3^-$ ):( $\text{NH}_4^+$ ) em diferentes ambientes de luz. Já o segundocapítulo, decorre sobre a influência desses fatores no teor e rendimento de óleos essenciais. As plantas foram cultivadas por 90 dias em delineamento experimental inteiramente casualizado, com sete repetições, em esquema fatorial 5 x 3, sendo cinco proporções de  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  (100:0; 75:25; 50:50; 25:75; 0:100) de acordo com as soluções nutritivas modificadas de Hoagland e Arnon (1950) e três ambientes de luz com malhas ChromatiNet®, nas cores preta e vermelha, e a pleno sol, foram avaliados crescimento, teor e rendimento de óleo essencial em folhas de *M. spicata* L. As variáveis de crescimento, exceto o índice de clorofila b, relação clorofila a/b e área foliar, são influenciadas pelas Interações entre as fontes com nitrogênio e os ambientes de luz. Constatou-se que plantas de menta crescidas sob malha preta produzem maior teor de óleo essencial na proporção 25:75, tão quanto maior rendimento de óleo na proporção de 50:50 ( $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ).

**Palavras-chave:** Adubação nitrogenada, malhas fotoseletivas, óleo essencial, plantas aromáticas

# MINT (*Mentha spicata* L.) UNDER NITRATE AND AMMONIUM PROPORTIONS IN LIGHT ENVIRONMENTS

Author: Luís Cláudio Vieira Silva

Adviser: Anacleto Ranulfo dos Santos

Co-Advisor: Girlene Santos de Souza

**ABSTRACT:** The luminosity and mineral nutrition of plants are the abiotic factors that most influence the growth, development and production of secondary metabolites in medicinal, aromatic and condiment plants. The objective of the work was to evaluate the growth, development and production of essential oil of *Mentha spicata* L. grown in proportions of nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) and ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) and light environments. This document consists of two chapters, the first one, demonstrating the vegetative growth of *M. spicata* L. under ionic proportions of ( $\text{NO}_3^-$ ) : ( $\text{NH}_4^+$ ) in different light environments. The second chapter, on the other hand, is about factors influencing the content and yield of essential values. The plants were cultivated for 90 days in a completely randomized design, with seven replications, in a 5 x 3 factorial scheme, with five proportions of  $\text{NO}_3^-$  :  $\text{NH}_4^+$  (100: 0; 75:25; 50:50; 25:75; 0: 100) according to the modified nutritional solutions of Hoagland and Arnon (1950) and three light environments with ChromatiNet<sup>®</sup> meshes, in black and red, and full sun, growth, content and yield of essential oil were obtained in leaves of *M. spicata* L. The growth variables, except the chlorophyll 'b' index, chlorophyll a / b and leaf area ratio, are influenced by the interactions between nitrogen sources and light environments. It was found that mint plants grown under black mesh had a higher essential oil content in the proportion 25:75, as well as greater oil yield in the proportion of 50:50 ( $\text{NO}_3^-$ :  $\text{NH}_4^+$ ).

**Keywords:** Nitrogen fertilization, photoselective meshes, essential oil, aromatic plants



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>Capítulo 1</b>	
MENTA ( <i>Mentha spicata</i> L.) SOB PROPORÇÕES DE NITRATO: AMÔNIO EM AMBIENTES DE LUZ.....	15
<b>Capítulo 2</b>	
TEOR E RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>Mentha spicata</i> L SUBMETIDA A PROPORÇÕES DE NITRATO:AMÔNIO EM DIFERENTES AMBIENTES DE LUZ.....	32
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	44
<b>ANEXO</b> .....	45
<b>APÊNDICE</b> .....	46

## INTRODUÇÃO

O uso de plantas medicinais, destinada à prevenção e cura de doenças, é uma prática tradicional desde os primórdios da civilização. Conforme a Organização Mundial de Saúde (OMS), 65-85% da população nos países em desenvolvimento dependem das plantas medicinais como única forma básica para os cuidados a saúde. A popularidade dos fitoterápicos está em resposta a eficiência terapêutica, mínimos efeitos colaterais e aquisição de baixo custo (CARDOSO; AMARAL, 2019).

Das principais famílias pertencentes ao grupo das plantas medicinais, encontra-se a Lamiaceae, constituída por, aproximadamente, 258 gêneros e 7193 espécies, com diversas formas sejam ervas, arbustos ou árvores, apresentando valor condimentar, medicinal e aromática, sendo esta última a característica marcante da família, destacando-se o gênero *Mentha* pela valorização econômica (FIGUEIREDO et al., 2016; KARPÍŃSKI, 2020).

Dentre as 48 espécies pertencentes ao gênero *Mentha*, a *Mentha spicata* L., conhecida popularmente no Brasil como hortelã-de-leite, hortelã-das-cozinhas, hortelã-comum, levante, alevante ou simplesmente hortelã, é utilizada na fitoterapia para aliviar problemas estomacais, dores de cólicas, combate as úlceras, congestão nasal, doenças do útero e ovários, espasmos musculares, melhora a digestão, previne flatulência, previne Alzheimer, doenças hepáticas, possui propriedades antissépticas e expectorantes aliviando a tosse entre outras patologias (STEFANY, 2020).

Devido ao seu aroma, a *M. spicata* L. é utilizada como ingredientes pelas indústrias alimentícias para fabrico de goma de mascar, pastilhas e chá, tão quanto nas cosméticas, para produção de pasta dental e preservativos

(LEITE, 2020; STEFANY, 2020). As folhas da menta são ricas em fibras, vitaminas A, B, C, minerais a exemplo do cálcio, fósforo, ferro e potássio (LEITE, 2020).

De acordo com o Censo Agropecuário realizado em 2017, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), existem 6.391 domicílios rurais que cultivam hortelã, destacando-se as regiões Sudeste (37,64 %) e Nordeste (31,71%), enfatiza-se o Estado da Bahia em número de propriedades que exploram a espécie, em sua maioria cultivada por agricultores familiares gerando receita através da comercialização em feiras livre e/ou indústrias para extração de óleo essencial (IBGE, 2019).

Os óleos essenciais são metabólitos secundários extraídos de vegetais, ou seja, não estão diretamente relacionados no crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas, entretanto tem ação de proteção para os vegetais a estresses bióticos e abióticos, tão quanto torna-se a base de ação dos fitoterápicos (SANTOS et al., 2015).

O teor e rendimento de óleos essenciais, além do crescimento e desenvolvimento das plantas, são influenciados por fatores ambientais, sendo os mais limitantes a luminosidade e a nutrição mineral (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Dentre os nutrientes essenciais às plantas, o nitrogênio (N) atua na produção de metabólitos secundários, no crescimento, desenvolvimento e reprodução vegetal, pois é constituinte fundamental de diversas biomoléculas, ou seja, sem ele não existiria vida (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000).

As plantas absorvem o nitrogênio mineral no solo pelo sistema radicular, através do fluxo em massa, seja na forma nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) e/ou amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), preponderando à primeira, pois no solo a concentração do íon amônio é baixa, decorrente da rápida oxidação para  $\text{NO}_3^-$  por organismos nitrificantes (SCHLOERRING et al., 2002).

Dependendo da alta concentração a nível celular, o  $\text{NH}_4^+$  desencadeará efeitos tóxicos ao metabolismo vegetal, tais como alteração no pH celular, desbalanço iônico e hormonal (BRITTO; KRONZUCKER, 2002) Já a absorção exclusiva de  $\text{NO}_3^-$ , na raiz ou translocado via xilema para parte aérea, envolve além de carreadores específicos de alta afinidade energética, atividades sequencial de enzimas específicas, a Redutase de Nitrato (RN) para redução em nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) no citoplasma e a Redutase de Nitrito (RNi), nos plastídios ou

no cloroplasto, a amônio, sendo este assimilado em aminoácido, por ação enzimática da via Glutamina Sintetase (GS) e Glutamato sintase (GOGAT) (TAIZ et al., 2017).

Alterações no crescimento, desenvolvimento das plantas e produção de metabólitos secundários podem estar associadas ao desbalanceamento de fontes de N inorgânicas absorvidas pelas espécies vegetais, desta maneira, efeitos fisiológicos e anatômicos provocados pelas concentrações dos íons  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NO}_3^-$  devem ser pesquisados possibilitando melhor eficiência no uso de fontes de N para a produção agrícola (ALVES et al., 2013).

Outro fator limitante ao crescimento e desenvolvimento das plantas é a radiação luminosa. Conforme Pinto et al. (2014), alterações morfológicas estão em função da intensidade luminosa e qualidade espectral. Neste sentido, a utilização de redes de sombreamento, também denominada de malhas fotoseletivas, torna-se uma inovação tecnológica necessária para o desenvolvimento das plantas.

As malhas ChromatiNet® são confeccionadas com filme de polietileno de alta densidade e fios de monofilamento, bloqueando passagem da radiação ultravioleta e, em consequência da refração da luz direta pela estrutura de cristais, alteram o espectro da luz que as atravessa, reduzindo ou aumentando picos de transmitância de radiação de determinados comprimentos de onda.

Dentre os vários tipos de malhas, a ChromatiNet® vermelha possui maior transmitância em comprimentos de onda acima de 590 nm (vermelho) e um pico menor em torno de 400 nm (violeta), reduzindo ondas azuis, verdes e amarelas. Já a malha preta possui efeito de reduzir a intensidade da radiação solar (LIMA et al., 2018).

Escassas são as informações sobre o suprimento adequado de fontes de nitrogênio tão quanto a faixa adequada de comprimento de ondas espectrais para o crescimento e produção de metabólitos por plantas de menta, neste sentido objetivou-se avaliar o crescimento, desenvolvimento e produção de óleo essencial de *Mentha spicata* L. cultivada em proporções de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) em diferentes ambientes de luz.

## REFERÊNCIAS

ALVES, A. C.; JESUS, F. N. DE J.; SILVA, P. C. C.; SANTOS, A. R. DOS; SOUZA, G. S. DE Diagnose nutricional de mudas de girassol submetidas a proporções de amônio e nitrato. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.16; p. 723 -731, 2013

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v.30, n.2, 2000

BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J.  $\text{NH}_4^+$  toxicity in higher plants: a critical review. **Journal of Plant Physiology**, v.159 n. 6, p. 567-584, 2002

CARDOSO, B. S.; AMARAL, V. C. S. O uso da fitoterapia durante a gestação: um panorama global. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.24 n.4, p. 1439-1450, 2019

FIGUEIREDO, C. H. A.; ALENCAR, M. C. B.; SOUZA, K. A.; PEDROZA, A. P.; SILVA, C. F.; RIBEIRO, S. R. S.; SOUSA NETO, O. L.; ROBERTO, S. B. DE A. A Utilização Medicinal da Mentha spp. INTESA - **Informativo Técnico do Semiárido** (Pombal-PB), v 10, n 2, p 16 - 20, 2016

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários, **Química Nova**, v.30 n.2, 2007

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), disponível <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6619>> acessado em 09 Junho de 2019

KARPIŃSKI, T. M. Essential Oils of Lamiaceae Family Plants as Antifungals. **Biomolecules**, n. 10, v. 1, p.1-35, 2020.

LEITE, P. 10 Benefícios do Chá de Menta - Para Que Serve, Como Fazer e Dicas Disponível <<https://www.mundoboforma.com.br/10-beneficios-do-cha-de-menta-para-que-serve-como-fazer-e-dicas/>> acessado em 12 abril 2020

LIMA, J. DO C.; OLIVEIRA, U. C. DE; SANTOS, A. R. DOS; SOUZA, A. DOS A.; SOUZA, G. S. Proporções de amônio e nitrato no crescimento de plantas de *Lippia alba* (Mill) N. E. Br. cultivadas sob ambientes de luz. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41 n. 3, p. 655-662, 2018

PINTO, J. E. B. P.; FERRAZ, E.O.; BERTOLUCCI, S.K.V.; SILVEIRA, H.R.O.; SANTOS A.R.; SILVA, G.M. Produção de biomassa e óleo essencial em mil folhas cultivada sob telas coloridas. **Horticultura Brasileira**, v. 32 p. 321-326. 2014

SANTOS, F. R.; BRAZ-FILHO, R.; CASTRO, R. Influência da idade das folhas de *Eugenia uniflora* na composição química do óleo essencial, **Química Nova**, v. 38, n.6, p.762-768, 2015

SCHLOERRING, J. K.; HUSTED, S.; MÄCK, G.; MATTSSON, M. The Regulation of ammonium translocation in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 370, p.883-890, 2002.

STEFANY, B. Os 20 Benefícios da Menta Para Saúde; Natural Cura. Disponível em:< <https://www.naturalcura.com.br/beneficios-da-menta> Acesso em 21 de abril de 2020

TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I. M., MURPHY, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. Porto Alegre, **Artmed**, 6. ed., p.858. 2017

## CAPÍTULO 1

### **MENTA (*Mentha spicata* L.) SOB PROPORÇÕES DE NITRATO E AMÔNIO EM AMBIENTES DE LUZ<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Brasileira de Ciência Agrárias

## **MENTA (*Mentha spicata* L.) SOB PROPORÇÕES DE NITRATO E AMÔNIO EM AMBIENTES DE LUZ**

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar o crescimento inicial e os índices fisiológicos de plantas de *Mentha spicata* L. cultivadas sob proporções de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) em diferentes ambientes de luz. A pesquisa foi realizada em casa de vegetação pertencente à Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no campus de Cruz das Almas, BA. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 3, com cinco proporções: 0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100:0, respectivamente a  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  e três ambientes de luz com malhas ChromatiNet® vermelha, preta e sem malha, a pleno sol, com sete repetições. Aos 90 dias após o início da aplicação dos tratamentos foram avaliadas as variáveis: índice de clorofila 'a', 'b', total, relação a / b, fitomassa de folhas, caule, raízes e da parte aérea, volume de raízes, área foliar e área foliar específica e razão de massa foliar. Ocorreram interações entre as proporções de  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  e os ambientes de luz para todas as variáveis estudadas com exceção do índice de clorofila 'b', relação clorofila a/b e área foliar. Os valores de clorofila são influenciados principalmente pela interação entre a proporção contendo 100% de nitrato e o ambiente a pleno sol. Verificou-se efeito significativo nas plantas crescidas com a proporção 75:25 ( $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ) e sob sombreamento com malha preta na fitomassa de folhas, caules e da parte aérea. Conclui-se que plantas de *M. spicata* cultivadas sob proporções balanceadas de nitrato e amônio em ambiente de luz apresentam satisfatório crescimento inicial e índices fisiológicos.

**Termos de indexação:** Hortelã, índices fisiológicos, luminosidade, nitrogênio



## MINT (*Mentha spicata* L.) UNDER NITRATE AND AMMONIUM PROPORTIONS IN LIGHT ENVIRONMENTS

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the initial growth and physiological indices of plants of *Mentha spicata* L. grown under proportions of nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) and ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) in different light environments. The research was carried out in a greenhouse belonging to the Federal University of Recôncavo da Bahia, on the Cruz das Almas campus, BA. The experimental design used was completely randomized, in a 5 x 3 factorial scheme, with five proportions: 0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100: 0, respectively  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{NH}_4^+$  and three light environments with red, black and non-meshed ChromatiNet® meshes, in full sun, with seven repetitions. At 90 days after the start of treatment application, the following variables were evaluated: chlorophyll index 'a', 'b', total, ratio a / b, leaf phytomass, stem, roots and aerial part, root volume, area leaf and specific leaf area and leaf mass ratio. There were interactions between the proportions of  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{NH}_4^+$  and the light environments for all variables studied, except for the chlorophyll index 'b', chlorophyll a / b ratio and leaf area. The chlorophyll values are mainly influenced by the interaction between the proportion containing 100% nitrate and the environment in full sun. There was a significant effect on plants grown at a ratio of 75:25 ( $\text{NO}_3^-$ : $\text{NH}_4^+$ ) and under shading with black mesh in the phytomass of leaves, stems and shoots. It is concluded that *M. spicata* plants grown under balanced proportions of nitrate and ammonium in a light environment present satisfactory initial growth and physiological indications.

**Keywords:** Mint, physiological indices, luminosity, nitrogen

## INTRODUÇÃO

A luminosidade e a nutrição mineral são fatores essenciais para o crescimento e produção de metabólitos secundários em plantas medicinais, aromáticas e condimentares. A menta (*Mentha spicata* L.), por exemplo, é uma erva medicinal da família Lamiaceae, cujo incremento da fitomassa, produção e qualidade de óleos essenciais são influenciadas pela adubação, intensidade e qualidade da luz (Pegoraro et al., 2010; Souza et al., 2013).

A luz é componente essencial na síntese de compostos orgânicos, pois além de fornecer energia para o processo fotossintético, também proporciona estímulo sinápticos para regulação do desenvolvimento por meio de receptores de luz sensíveis a distintas intensidades, polarização e qualidade espectral (Hirata & Hirata, 2015; Lima et al., 2016).

Bandas espectrais da radiação solar são selecionadas por redes de sombreamento, também denominada de malhas fotoconversoras, contribuindo, assim, para o desenvolvimento das plantas. Malhas ChromatiNet® são confeccionadas com filme de polietileno de alta densidade e fios de monofilamento, bloqueando passagem da radiação ultravioleta e, em consequência da refração da luz direta pela estrutura de cristais, altera o espectro da luz que as atravessa, reduzindo ou aumentando picos de transmitância de radiação de determinados comprimentos de onda (Brant et al., 2009).

Ademais, as telas favorecem um aumento da porcentagem de luz difusa, significando maior cobertura luminosa sobre as plantas. Sendo assim, essas telas podem contribuir com alterações nas funções bioquímicas, fisiológicas e morfológicas nas plantas (Souza et al., 2017).

Os nutrientes minerais influenciam indiretamente no crescimento e produção de metabólitos secundários das plantas medicinais, pois atuam no suprimento de assimilados tão quanto na produção de substâncias (Morais, 2009), o nitrogênio, por exemplo, é o nutriente de maior demanda nutricional, sendo responsável pela síntese de proteínas, enzimas, clorofilas, compostos nitrogenados e demais macromoléculas (Marshner, 2012).

A absorção de nitrogênio mineral pelo sistema radicular das plantas ocorre nas formas iônicas nítrica ( $\text{NO}_3^-$ ) ou amônica ( $\text{NH}_4^+$ ), entretanto a absorção exclusiva de um desses íons afeta negativamente o metabolismo celular, pois o primeiro para ser absorvido envolve alto custo energético, sendo necessário 2 mols de ATP para cada mol de  $\text{NO}_3^-$  absorvido, co-

transportadores (alta ou baixa afinidade de  $\text{NO}_3^-$ ) e enzimas específicas para ser reduzido em  $\text{NH}_4^+$ , já este último íon não carece gasto energético, entretanto, alta concentração provoca toxidez a nível celular afetando a fisiologia e morfologia da maioria das plantas (Taiz et al., 2017).

Diversas pesquisas referenciam a ação isolada dos fatores abióticos na produção das culturas, entretanto são necessários estudos para o pleno conhecimento da influência mútua da nutrição mineral e ambiental no crescimento e desenvolvimento das plantas, neste contexto a pesquisa teve como objetivo avaliar o crescimento vegetativo de *Mentha spicata* L. sob proporções de nitrato : amônio em diferentes ambientes de luz.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização do local do experimento

A pesquisa foi realizada no período de julho de 2019 a janeiro de 2020, em casa de vegetação localizada na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas, Estado da Bahia, Brasil, localizada a 140 km de Salvador, cujas coordenadas geográficas são 12°39'31,8" S, 39°05'08,4" W, com altitude de 220 m. O clima da região, segundo Köppen e Geiger, é do tipo Af, clima tropical, com temperatura média 23,0 °C e pluviosidade média anual de 1.136 mm.

### Produção de mudas

As mudas de *Mentha spicata* L foram propagadas vegetativamente por estaquia, em viveiro, com sombreamento de 50% de transmitância na região fotossinteticamente ativa, pertencente a UFRB. As estacas foram obtidas em plantas matrizes adquiridas de uma horta familiar, localizada nas coordenadas geográficas 12°39'04,0" S e 39°07'45,9" W, no município de Cruz das Almas-BA. As estacas foram enraizadas em bandejas de polietileno constituídas por 200 células, contendo como substrato areia lavada e esterco bovino na proporção 3:1, respectivamente.

Transcorridos 30 dias de enraizamento, foi realizado o transplante das mudas e para efeito de homogeneização, foram padronizadas plantas com comprimento radicular de 0,08 m, altura com 0,15 m e três pares de folhas. As mudas foram acondicionadas em vasos de polipropileno preenchido com 3,0  $\text{dm}^3$  de substrato constituído por areia lavada e vermiculita na proporção 2:1,

respectivamente. A reposição de água, em cada unidade experimental, foi realizada diariamente, com 200 mL de água destilada afim de manter a umidade no solo para o crescimento das plantas.

### **Delineamento experimental**

O arranjo experimental foi em esquema fatorial 5 x 3, com delineamento em parcelas subdivididas no espaço, onde as malhas foram consideradas o tratamento principal e as proporções, tratamentos secundários, com sete repetições, totalizando 105 unidades experimentais. As plantas foram cultivadas sob três ambientes de luz, empregando-se malhas fotoconversoras ChromatiNet® (vermelha e preta), em telados de área 4,2 m<sup>2</sup> e altura 2,0 m, e um tratamento a pleno sol (sem malha). Utilizou-se malhas ChromatiNet® preta, para efeito de sombreamento e a tela fotoconversora vermelha, por dispor de maior transmitância em comprimentos de onda acima de 590 nm (vermelho) e um pico menor em torno de 400 nm (violeta), reduzindo ondas azuis, verdes e amarelas.

### **Aplicação da solução nutritiva**

As concentrações  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  encontram-se na Tabela 1. A solução nutritiva foi composta por macro e micronutrientes, com pH ajustado em 5,6, utilizando o ácido clorídrico ou hidróxido de sódio. A distribuição dos tratamentos foi iniciada oito dias após o transplante e aclimatização das mudas.

**Tabela 1.** Volume (mL) das soluções estoque para formar 1L de solução nutritiva modificada, utilizando proporções de nitrato e amônio ( $\text{NO}_3^-$ : $\text{NH}_4^+$ ) conforme os respectivos tratamentos.

Solução estoque (1M)	Proporções ( $\text{NO}_3^-$ : $\text{NH}_4^+$ )				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
	----- (mL) -----				
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
$\text{NH}_4\text{Cl}$	-	3,75	7,5	11,25	15,0
KCl	-	3,8	-	1,2	5,0
$\text{CaCl}_2$	-	-	3,0	5,0	5,0
$\text{MgSO}_4$	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
$\text{KNO}_3$	5,0	1,2	5,0	3,75	-
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5,0	5,0	2,0	-	-
Ferro - EDTA*	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Micronutrientes**	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

\*\* Soluções de micronutrientes (g/l):  $\text{H}_3\text{BO}_3 = 2,86$ ;  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 1,81$ ;  $\text{ZnCl}_2 = 0,10$ ;  $\text{CuCl}_2 = 0,04$ ;  $\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} = 0,02$ . \*Solução de Ferro-EDTA: Foram dissolvidos 26,1 g de EDTA dissódico em 286 ml de NaOH 1N + 24,9 g de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  e aerado por uma noite.

### Análise de Crescimento

Decorridos 90 dias, após início da distribuição dos tratamentos, foram avaliados os seguintes parâmetros de crescimento: número de folhas por planta (NF), determinada pela contagem direta de folhas presentes em cada planta; volume do sistema radicular (VR), determinado pelo deslocamento da água contida em proveta graduada de 2000 mL com posterior submersão da massa seca do sistema radicular; índice de clorofilas: 'a', 'b', total (a+b) e relação a/b, utilizando-se medidor eletrônico ICF (Índice de Clorofila Folker) entre o limbo foliar do terço médio do ramo, nos horários das 06:00 às 08:00 h.

### Determinação da fitomassa

As plantas de *M. spicata* L. foram coletadas, separaram-se os órgãos folhas, haste e sistema radicular, acondicionando-os individualmente em sacos de papel Kraft, previamente identificados, e, afim de evitar a volatilização dos óleos essenciais em folhas com altas temperaturas, foram desidratados em estufa de circulação forçada de ar à  $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  até obter massa constante. Com auxílio de uma balança analítica de precisão de três casas decimais, foram aferidas e anotadas as massas das matérias secas do sistema radicular (MSR), da caule (MSC) e da folha (MSF), através do somatório destas últimas fitomassas obtiveram-se a massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da planta (MSP), pelo conjunto da MSPA e MSR.

### **Determinação dos índices fisiológicos**

A área foliar (AF) foi determinada em  $\text{cm}^2$ , pela relação da massa de discos foliares, obtidas através de punções por auxílio de perfurador metálico com área conhecida, e a massa da matéria seca da folha.

A área foliar específica (AFE) foi determinada pela relação AF/MSF, expresso em  $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$ , constituindo-se variável que inclui a superfície, componente morfológico, já a fitomassa que é o componente anatômico, relacionado com a composição interna formada pelo número e/ou tamanho de células do mesófilo foliar.

### **Análises estatísticas**

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, em parcelas subdivididas através do programa Sisvar®, versão 5.0 (FERREIRA, 2008). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foi verificado, a partir do resumo da análise de variância (Tabela 2), que não ocorreu efeito significativo para as interações  $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$  e ambientes de luz, no índice de clorofila 'b', relação clorofila a/b e área foliar. Nas demais variáveis, houve efeito significativo da influência mútua desses fatores ( $p \leq 0,05$ ) demonstrando, desta maneira, que a espécie *Mentha spicata* L. responde às diferentes proporções entre os íons nitrato e amônio ( $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ ) em distintos ambientes de luz.

Plantas de *M. spicata* cultivadas em ambientes sombreados apresentaram maior número de folhas (NF) em comparação ao ambiente sem

malha (Tabela 3). Constatou-se as maiores médias no NF quando as plantas estavam sombreadas e submetidas a iguais ou maiores concentrações de amônio através das proporções (50:50; 25:75 e 0:100  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ) sob a malha vermelha e (25:75 e 0:100  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ) naquelas crescidas sob a malha preta. A tela fotoconversora vermelha, associada a proporção 25:75 ( $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ) favoreceu o incremento de aproximadamente 38,89% em comparação aos valores de NF encontrados no tratamento a pleno sol utilizando a mesma proporção.

Este efeito é devido à adaptação da espécie ao ambiente, pois há necessidade de baixa irradiação luminosa para ultrapassar o ponto de compensação luminoso, favorecendo o crescimento da planta, assim sendo, plantas expostas a altas irradiações luminosas e alta temperatura tendem a apresentar menor NF devido a fotorrespiração, inibição competitiva com a fotossíntese, que consome ATP quanto oxigênio e libera dióxido de carbono, tornando assim processo dispendioso para as plantas (Taiz et al., 2017).

**Tabela 3.** Desdobramento da interação entre as proporções de nitrato e amônio e os ambientes de luz para as variáveis número de folhas, área foliar específica, clorofila a e clorofila total em plantas de *M. spicata* L.

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Número de folhas			Área Foliar Específica (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )		
	Ambientes de luz					
	Pleno Sol	Malha Preta	Malha Vermelha	Pleno Sol	Malha Preta	Malha Vermelha
100: 0	260,1 bB	330,0 abA	363,0 abA	16,7 cC	26,2 abB	30,7 aA
75: 25	333,4 bcA	308,0 bA	331,8 bA	15,3 cB	27,4 abA	28,4 aA
50: 50	398,5 aA	400,4 aA	339,5 bA	17,3 bcB	28,9 aA	29,0 aA
25: 75	262,7 bC	344,4 abB	429,8 aA	19,9 bC	25,1 bB	30,8 aA
0: 100	181,8 cB	368,1 abA	362,0 abA	26,8 aA	28,9 aA	28,6 aA
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Clorofila 'a'			Clorofila total		
	Ambientes de luz					
	Pleno Sol	Malha Preta	Malha Vermelha	Pleno Sol	Malha Preta	Malha Vermelha
100: 0	33,1 aA	29,4 aB	28,3 aB	44,3 aA	38,1 aAB	36,6 aB
75: 25	31,1 aA	30,8 aA	28,3 aA	41,4 baA	40,4 aA	40,5 aA
50: 50	30,7 aA	29,7 aA	29,3 aA	40,2 baA	38,7 aA	38,1 aA
25: 75	27,2 bB	30,8 aA	30,0 aAB	35,0 bcA	40,4 aA	38,9 aA
0: 100	24,9 bB	30,6 aA	30,0 aA	31,7 cB	40,1 aA	38,7 aA

\* Letra minúscula para comparação entre colunas e maiúscula em linhas iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Em relação à área foliar específica (AFE) comprovou-se o efeito significativo para a interação em plantas cultivadas no ambiente a pleno sol, na proporção 0:100 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, assim como nas plantas crescidas sob malha preta nas proporções 75:25; 50:50; 0:100 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e para o ambiente com malha vermelha em todas as proporções estudadas (Tabela 3).

Ainda no ambiente com malha vermelha, foi destacado que na proporção 25:75 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, houve incremento de 12,96% em comparação à média alcançada no tratamento 0:100 em ambiente sem malha (Tabela 3). Corroborando com estes resultados Matos et al. (2015), verificaram efeito isolado do amônio em plantas do manjeriço sob diminuição no NF e AFE.

O suprimento exclusivo de amônio limitou a divisão celular e expansão foliar implicando em menor capacidade fotossintética da planta, desta forma, ocorreu menor AFE (LIU et al., 2018). De acordo com Teixeira et al. (2013), plantas cultivadas em condição de baixa irradiância investem maior proporção de fotoassimilados no aumento da área foliar, conseqüentemente haverá



maior AFE ocasionando maior interceptação de luz incidente, aumentando assim a eficiência fotossintética da planta.

Em relação aos resultados para o índice de clorofila a (Chl a), foi observado interação significativa entre o ambiente PS nas proporções 100:0; 75:25 e 50:50 ( $\text{NO}_3^-$  :  $\text{NH}_4^+$ ), assim como para os ambientes com MP e MV em todas as proporções com exceção da 100:0 ( $\text{NO}_3^-$  :  $\text{NH}_4^+$ ). Destaca-se incremento de 14,5% na proporção 100:0 ( $\text{NO}_3^-$  :  $\text{NH}_4^+$ ) em ambiente sem malha, comparando com a menor taxa proveniente da relação 75:25 em plantas cultivadas sob MV (Tabela 3).

Os baixos índices de CLA, obtidos na malha vermelha, provavelmente foram decorrentes da alta concentração do íon amônio, promovendo conseqüentemente uma acidez, que em contra partida promove a perda de magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) da estrutura do anel pirólico da clorofila, o qual é substituído por dois átomos de hidrogênio (Streit et al., 2005). A Chl a, presente em organismos que realizam fotossíntese oxigênica, é responsável pelo processo fotoquímico da fotossíntese que capta energia luminosa (complexos antena) transformando em energia química nos centros de reação.

Com referência ao índice de clorofila total, a maior média significativa foi alcançada nas plantas cultivadas na proporção 100: 0 ( $\text{NO}_3^-$ :  $\text{NH}_4^+$ ) em ambiente sem sombreamento (Tabela 3). Também foram observadas interações entre todas as proporções em plantas cultivadas sob MV. Assim como no efeito da acidez promovida pela absorção do amônio na Chl a, representando 75% da Chl total, nota-se que há influência direta neste indicador, a Chl b é mais estável quanto a solubilidade na presença deste ácido no meio, sendo este pigmento considerado acessório, pois colabora na absorção da energia luminosa da fotossíntese (Streit et al, 2005; Taiz et al., 2017).

Em relação ao rendimento de massa da matéria seca de folhas (MSF), foi verificada interações significativas nas plantas cultivadas em ambiente a PS nas proporções 100:0; 75:25; 50:50 ( $\text{NO}_3^-$  :  $\text{NH}_4^+$ ), também entre a MP em todas as proporções com exceção da 100:0 e entre a MV com 100:0; 25:75; 0:100 ( $\text{NO}_3^-$  :  $\text{NH}_4^+$ ) (Tabela 4).

Destaca-se que plantas crescidas em ambiente com MP, na proporção 75: 25 ( $\text{NO}_3^-$  :  $\text{NH}_4^+$ ) apresentaram maior produção de MSF, obtendo um percentual superior de 13,97 e 29,30% em comparação ao rendimento das

cultivadas nos ambientes a PS e MV respectivamente, ambas crescidas na concentração 100:0.

A eficiência fotossintética em condições de baixa disponibilidade luminosa está em função da plasticidade fenotípica, o que implica em maior área foliar com menor espessura, resultando em melhor aproveitamento da radiação incidente em torno do mesofilo (Amarante et al. 2009). A proporção 75:25 ( $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ) favoreceu aumento na produção de MSF, mostrando a importância do adequado balanceamento iônico  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  na solução nutritiva em consequência ao uso eficiente de nitrogênio pela planta.

**Tabela 4.** Desdobramento da interação entre as proporções de nitrato e amônio e os ambientes de luz para as variáveis massa da matéria seca da folha (MSF); do caule (MSC) da parte aérea (MSPA), do sistema radicular (MSR), da planta (MSP), volume de raiz (VR) em plantas de *Mentha spicata* L.

$\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$	MSF (g planta <sup>-1</sup> )			MSC (g planta <sup>-1</sup> )		
	Ambientes de luz					
	Pleno Sol	Malha Preta	Malha Vermelha	Pleno Sol	Malha Preta	Malha Vermelha
100: 0	6,4 aA	5,7 bA	5,2 aA	8,2 abAB	9,1 abA	7,5 aA
75: 25	6,3 aAB	7,4 aA	5,3 aB	8,9 aA	9,5 aA	7,7 aB
50: 50	5,6 abAB	6,6 abA	5,4 aB	7,1 bcB	9,3 aA	7,7 aB
25: 75	4,3 bcB	6,1 abA	5,4 aAB	6,3 cB	8,9 abA	7,4 aB
0: 100	3,0 cB	5,4 bA	4,9 aA	4,9 dB	7,8 bA	6,9 aA
$\text{NO}_3^-:$ $\text{NH}_4^+$	MSPA (g planta <sup>-1</sup> )			MSR (g planta <sup>-1</sup> )		
	Ambientes de luz					
	Pleno Sol	Malha Preta	Malha Vermelha	Pleno Sol	Malha Preta	Malha Vermelha
100: 0	14,7 acA	14,8 bcA	12,7 aB	12,5 aA	7,2 aB	6,5 Aa
75: 25	15,3 aA	16,9 aA	13,1 aB	13,6 aA	7,0 aB	6,7 aB
50: 50	12,7 bcB	16,0 abA	13,1 aB	7,8 bA	6,7 abAB	6,3 aB
25: 75	10,7 cC	15,1 abcA	12,8 aB	6,2 bA	6,1 abA	4,6 abA
0: 100	7,9 dB	13,3 cA	11,9 aA	3,4 cA	4,6 bA	2,6 bA
$\text{NO}_3^-:$ $\text{NH}_4^+$	MSP (g planta <sup>-1</sup> )			VR (cm <sup>3</sup> )		
	Ambientes de luz					
	Pleno Sol	Malha Preta	Malha Vermelha	Pleno Sol	Malha Preta	Malha Vermelha
100: 0	27,2 aA	22,1 aB	19,2 aB	12,3 aA	9,1 bB	8,2 aB
75: 25	29,0 aA	24,0 aB	19,9 aC	10,7abA	9,4 bAB	8,4 aB
50: 50	20,5 bAB	22,8 aA	18,4 abB	10,1 bA	8,4 bB	6,5 bC
25: 75	16,9 bB	21,3 abA	17,5 abB	7,5 cC	8,0 bA	5,8 bB
0: 100	11, 3 cB	17,9 bA	14,5 bAB	5,4 dAB	5,5 aA	4,0 cB

\*Letra minúscula para comparação entre colunas e maiúscula em linhas iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Plantas de *M. spicata* crescidas em ambiente a PS e com a solução nutritiva contendo nitrato e amônio nas proporções 100:0 e 75:25 apresentaram incremento no seu desempenho para a massa da matéria seca

do caule (MSC) em função da significativa interação, também foi observado o mesmo efeito entre a MP e todas relações de ( $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ ), com exceção da proporção 0:100, e entre a MV com 100:0 e 0:100 (Tabela 4).

O íon, amônio apresenta efeito estimulante a atividade da redutase de nitrato, enzima essencial para o primeiro passo na redução do nitrogênio nítrico aos aminoácidos indispensáveis no crescimento vegetal (Andrade et al., 2001).

A massa da matéria seca da parte aérea (MSPA) é um parâmetro importante, pois indica o investimento de fotoassimilados em folhas e caules. Foi verificadas interações significativas entre o ambiente PS e as proporções 100:0; 75:25 ( $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ ) bem como entre a MP e as proporções 75:25; 50:50; 25:75 e a MV com 0:100. O maior incremento de MSPA foi estabelecido em ambiente sombreado pela malha preta em interação com a proporção 75:25, com elevação de 9,6 e 29,74% quando comparado ao ambiente sem malhas e tela vermelha, respectivamente. Esta resposta pode estar associada ao nível de intensidade da luz, estágio fenológico da planta, aumento da área foliar e disponibilidade de nutrientes, em especial o nitrogênio (Alves et al., 2018; Lima et al., 2018).

Quanto aos resultados de massa da matéria seca das raízes (MSR) foi observada interação significativa entre o ambiente PS e as proporções 100:0 e 75:25 ( $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ ), a MP associada as proporções 25:75 e 50:50, como na MV com as proporções 100:0 e 25:75. Plantas crescidas a pleno sol e em solução na proporção 75: 25, proporcionaram maior rendimento de massa da matéria seca da raiz comparadas aquelas cultivadas sob malhas vermelha e preta (Tabela 4).

Este efeito está relacionado à alta intensidade de luz, visto que, em ambientes com maior sombreamento, a exemplo da malha preta, há baixa taxa fotossintética em relação às plantas cultivadas nos ambientes com maior disponibilidade de luz, conseqüentemente haverá pouca translocação de fotoassimilados para o sistema radicular (Caron et al., 2014).

Em relação à massa da matéria seca da planta (MSP) de *M. spicata* cultivadas em ambiente sem malha e nas proporções 100:0 e 75:25, 50:50 e 25:75 suscitaram efeitos significativos, assim como nas proporções 50:50 e 25:75 em ambientes sombreados, incluindo na MV a solução nutritiva 0:100

(NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Destaca-se que na proporção 75:25 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) em ambiente a PS foi observado o maior rendimento, apresentando percentual de 21,45% em relação a média daquelas cultivada em MP na proporção 50:50 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

A alta intensidade de luz em ambiente sem malha proporciona maior produção de fitomassa e assimilação de nutrientes nos órgãos. Os resultados desta pesquisa contrariam as observações de Silva et al. (2020), aos quais houve efeito benéfico do sombreamento com auxílio das malhas na produção de fitomassa em plantas de sálvia em relação às plantas cultivadas a pleno sol.

Os resultados encontrados para o volume de raízes seguiram o mesmo desempenho daqueles apresentados para a MSR, destacando interações significativas para o ambiente PS nas proporções 100:0; 75:25 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e a MP com a proporção 0:100 (Tabela 4), estes resultados divergem das observações de Lima et al. (2018), em plantas de *Lippia alba*, ao qual houve interação significativa da malha vermelha com as proporções 0:100 e 25:75 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> :NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

A absorção radicular do NH<sub>4</sub><sup>+</sup> realiza-se com a saída de 2 H<sup>+</sup>, via antiporte, acidificando o meio externo e, conseqüentemente, inibem a absorção de íons catiônicos na solução do substrato, como exemplo o Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup> e K<sup>+</sup>, indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento da planta (Ernani,2016) .

Os resultados encontrados para a variável RMF revelaram que houve interação significativa entre o ambiente a PS e as proporções 100:0; 50:50 a MP e todas as proporções, com exceção da 100:0, e a MV com 50:50; 25:75 e 0:100 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Plantas cultivadas em ambiente com malha vermelha, na proporção de 0:100 (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), apresentaram maior razão da massa foliar (RMF), sendo superior a 18,20% da média alcançada em plantas cultivadas a pleno sol na proporção 50:50 (Tabela 5).

Em plantas medicinais, cujas folhas são os principais órgãos comercializados, devido a presença dos bioativos, alta RMF torna-se necessária, pois é indicativo de maior alocação de matéria seca nas folhas e menor quantidade translocada e assimilada nas raízes. A qualidade espectral da malha vermelha favoreceu uma maior distribuição diferencial dos produtos fotossintéticos entre o crescimento da folha e de outras partes da planta quanto comparada às cultivadas em ambiente sem malha.

De acordo Lima et al. (2018), ocorre declínio na RMF enquanto a planta cresce em função do auto sombreamento ocasionando redução da AF fotossinteticamente ativa.

**Tabela 5.** Desdobramento da interação entre as proporções de nitrato e amônio e os ambientes de luz para as variáveis razão massa foliar (RMF) em plantas de *Mentha spicata* L. cultivada em diferentes proporções de nitrato: amônio e ambientes de luz.

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> : NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	RMF (cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )		
	Ambientes de luz		
	Pleno Sol	Malha Preta	Malha Vermelha
100: 0	0,23 baA	0,26 bA	0,27 Bb
75: 25	0,22 bB	0,30 aA	0,27 bA
50: 50	0,27 aA	0,29 abA	0,29 abA
25: 75	0,25 abB	0,28 abAB	0,31 abA
0: 100	0,26 abB	0,29 abAB	0,33b aA

Letra minúscula para comparação entre colunas e maiúscula em linhas iguais não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

Plantas de *M. spicata* L. cultivadas exclusivamente com o N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> apresentam limitações no crescimento.

A interação entre a malha preta e a proporção 75:25 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup> promovem significativos incrementos na fitomassa seca das plantas.

O sombreamento com as malhas vermelha e preta, influenciam significativamente nos parâmetros fisiológicos para as plantas de *M. Spicata* L.

## LITERATURA CITADA

- Alves, A. C.; Jesus, F. N.; Alves, P. B.; Santos, H. V.; Souza, G. S.; Santos, A. R. Biomass production and essential oil of lemon balm cultivated under colored screens and nitrogen. *Horticultura Brasileira*, vol. 36, n.1, p. 94-99, 2018. <https://doi.org/10.1590/s0102-053620180116>
- Amarante, C. V. T.; Steffens, C. A.; Miqueloto, A.; Zanardi, O. Z.; Santos, H. P. Disponibilidade de luz em macieiras 'Fuji' cobertas com telas antigranizo e seus efeitos sobre a fotossíntese, o rendimento e a qualidade dos frutos. *Revista Brasileira de Fruticultura*. vol.31, n.03, p.664-670, 2009 <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000300007>
- Andrade, R. M.; Sant'Anna, R.; Mosquim, P. R.; Cambraia, J. Assimilação de Nitrogênio por plantas de *Panicum maximum*, cv.Vencedor, submetidas a

diferentes proporções  $\text{NH}_4^+ / \text{NO}_3^-$ , Embrapa Cerrados, 2001, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, p.20

Brant, R. S.; Pinto, J. E. B. P.; Rosa, L. F.; Albuquerque, C. J. B.; Ferri, P. H.; Corrêa, R. M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras, *Ciência Rural*, vol. 39, n. 5, pp. 1401-1407, 2009

Aron, B. O.; Schmidt, D.; Manfron, P. A.; Behling, A.; Eloy, E.; Busanello, C.; Eficiência do uso da radiação solar por plantas *Ilex paraguariensis* a. St. Hil. cultivadas sob sombreamento e a pleno sol, *Ciência Florestal*, vol. 24, pp. 257-265, 2014, <https://doi.org/10.5902/1980509814563>

Ernani, P. R. Química do Solo e Disponibilidade de Nutrientes, Lages, 2.ed. p.200, 2016.

Ferreira, D. F. – Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. *Revista Symposium*, vol. 6, pp. 36-41.2008.

Hirata, A. C. S.; Hirata, E. K. Desempenho produtivo do agrião d'água cultivado em solo sob telas de sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. vol.50 n.10, pp. 895-901, 2015, <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001000005>

Hoagland, D.R.; Arnon, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. *Califórnia Agricultural Experimental Station. Circ.* p. 347. 1950

Lima, J. do C.; Oliveira, U. C. de; Santos, A. R. dos; Souza, A. dos A.; Souza, G. S. Proporções de amônio e nitrato no crescimento de plantas de *Lippia alba* (Mill) N. E. Br. cultivadas sob ambientes de luz. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 41 n. 3, pp. 655-662, 2018 <https://dx.doi.org/10.19084/RCA17240>

Lima, R. E. M.; Farias, F. C.; Bezerra, M. A.; Bezerra, F. C. Parâmetros biométricos e fisiológicos de *Heliconia bihai* cultivada em região litorânea sob diferentes níveis de radiação solar. *Ornamental Horticulture*. vol. 22, n. 1, pp. 50-57, 2016

Liu, T.; Ren, T.; White, P. J.; Cong, R.; Lu, J. Storage nitrogen co-ordinates leaf expansion and photosynthetic capacity in winter oilseed rape. *Journal of Experimental Botany*, vol. 69, n. 12, pp. 2995-3007, 2018 <http://dx.doi.org/10.1093/jxb/ery134>

Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. 3.ed London: Elsevier, 643p, 2012.

Matos, L. S.; Anjos, G. L. dos; Souza, D. dos S.; Santos, N. S. dos; Santos, A. R. Desempenho de mudas de manjeriço cv. maria bonita submetidas a proporções de nitrato e amônio, 2015, *Enciclopédia Biosfera*, vol. 11 n. 22; pp. 888-895 [https://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia\\_Biosfera\\_2015\\_125](https://dx.doi.org/10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2015_125)

Morais, L. A. S.; Influência dos fatores abióticos na composição química dos

- Souza, G. S.; Lima, J. do C.; Santos, A. R. dos; Oliveira, U. C. de; Bezerra, M. N. Produção de fitomassa de *Sálvia officinalis* L. cultivada sob malhas coloridas e doses de esterco avícola Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, vol. 12, n. 2, pp. 182-186, 2017. <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v12i2.4213>
- Souza, G. S.; Olivera, U. C.; Silva, J. S., Lima, J. C. Crescimento, produção de biomassa e aspectos fisiológicos de plantas de *Mentha piperita* L. cultivadas sob diferentes doses de fósforo e malhas coloridas, Global Science Technology, vol. 06, n.03, pp. 35-44, 2013.
- Streit, N. M.; Canterle, L. P.; Canto, M. W. do; Hecktheuer, L. H. H. As clorofilas: revisão bibliográfica. Ciência Rural, versão 35, n.3. pp. 748-755, 2005, <https://doi.org/10.1590/s0103-84782005000300043>
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., Murphy, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. Porto Alegre, Artmed, 6. ed., p.858. 2017
- Teixeira, W. F.; Fagan, E. B.; Silva, J. O.; Silva, P. G.; Silva, F. H.; Sousa, M. C.; Canedo, S. de C. Atividade da enzima nitrato redutase e crescimento de *Swietenia macrophylla* king sob efeito de sombreamento. Floresta e Ambiente, vol. 20, n. 1, pp. 91-98, 2016, <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.068convencionais> para agroecológicos: novos rumos à agricultura familiar. Dourados: Edição do Autor, 2006.

## CAPÍTULO 2

### TEOR E RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Mentha spicata* L SUBMETIDA A PROPORÇÕES DE NITRATO:AMÔNIO EM DIFERENTES AMBIENTES DE LUZ<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico Revista Portuguesa de Ciências Agrárias



**TEOR E RENDIMENTO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Mentha spicata* L  
SUBMETIDA A PROPORÇÕES DE NITRATO:AMÔNIO EM DIFERENTES  
AMBIENTES DE LUZ**

**RESUMO:** A luminosidade e nutrição mineral interferem no metabolismo secundário de plantas medicinais. Objetivou-se avaliar o efeito de proporções de nitrato:amônio ( $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ ) no teor e rendimento do óleo essencial de *Mentha spicata* L. em ambientes de luz. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação pertencente a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, onde as plantas foram crescidas em três diferentes ambientes de luz (pleno sol, malhas vermelha e preta) e em cinco proporções de  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  (100:0; 75:25; 50:50; 25:75 e 0:100), delineadas a 210 mg/L de nitrogênio. Aos 90 dias após o transplante, avaliaram-se teor e rendimento de óleo essencial das folhas de *Mentha*, sendo extraído pelo método de hidrodestilação por arraste de vapor utilizando o aparelho Clevenger. Evidenciaram-se que plantas crescidas em ambiente sombreado com malha preta produziram maior teor de óleo na proporção 25:75 (0,4702 %), e o maior rendimento de óleo também foi observado nesse ambiente com a proporção de 50:50, (0,22 g Kg<sup>-1</sup>),  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ . 3 4

**Termos de indexação:** hortelã, malhas fotoseletivas, nitrogênio.

**CONTENT AND PERFORMANCE OF *Mentha spicata* L ESSENTIAL OIL  
SUBMITTED TO NITRATE: AMMONIUM PROPORTIONS IN DIFFERENT LIGHT  
ENVIRONMENTS**

**ABSTRACT:** The luminosity and mineral nutrition interfere with the secondary metabolism of medicinal plants. The objective was to evaluate the effect of proportions of nitrate: ammonium ( $\text{NO}_3^-$ :  $\text{NH}_4^+$ ) on the content and yield of the essential oil of *Mentha spicata* L. in light environments. The experiment was carried out in a greenhouse belonging to the Federal University of Recôncavo da Bahia, where the plants were grown in three different light environments (full sun, red and black spots) and in five proportions of  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{NH}_4^+$  (100: 0; 75:25; 50:50; 25:75 and 0: 100), designed at  $210 \text{ mg L}^{-1}$  of nitrogen. At 90 days after transplanting, the content and yield of essential oil from the leaves of *Mentha* were evaluated, and the hydrodistillation method was extracted by steam entrainment using the Clevenger apparatus. It was evidenced that plants grown in a shaded environment with black mesh produced a higher oil content in the proportion 25:75 (0.47%), and the highest oil yield was also observed in this environment with a proportion of 50:50, ( $0, 22 \text{ g Kg}^{-1}$ ),  $\text{NO}_3^-$ :  $\text{NH}_4^+$ .

Keyword: photoselective meshes, mineral nutrition, medicinal plant

## INTRODUÇÃO

A demanda por medicamentos a base de plantas medicinais, ou fitoterápicos, cresce anualmente devido à presença de bioativos destinados a prevenção e cura de diversas patologias. Os princípios ativos ou óleos essenciais são substâncias provenientes do metabolismo secundário, armazenadas e liberadas pelas plantas cujas finalidades são proteção contra estresses bióticos, por exemplos a herbívora por insetos pragas e atração de insetos polinizadores, tão quanto abióticos, como mudança de temperatura, disponibilidade de água e minerais, exposição à luz solar e UV (SOUZA et al., 2020).

O óleo essencial da *Mentha spicata* L., destaca-se pela sua aplicabilidade na medicina popular para o tratamento de doenças gastrointestinais e respiratórias, também possui ação diurética, sedativa e reduz os gases intestinais (MAHBOUBI, 2017). Devido o seu aroma, constitui-se matéria-prima para obtenção de produtos nas indústrias cosméticas e alimentícias. O óleo essencial da menta é produzido através de estruturas especializadas denominadas tricomas glandulares do tipo peltados, responsável pela secreção de monoterpenos (BEZERRA et al., 2019).

Segundo Behn et al., (2010), a composição de óleo de *Mentha spicata* é de alta qualidade, e tem como constituintes o mentol (30 -55%), mentona (14 -32%), pulegona (< 4 %), mentofurano (1 - 9%) e acetado de metil (2,8 - 10%). Entretanto a composição química, teor e rendimento dos metabolitos secundários são afetados por diversos fatores ambientais tais como sazonalidade, ritmo circadiano e desenvolvimento da planta, temperatura, disponibilidade hídrica, altitude, poluição atmosférica, indução por estímulos mecânicos ou ataque de patógeno, nutrientes e luminosidade (GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

A qualidade espectral eletromagnética e a disponibilidade da luz solar afetam o metabolismo secundário das plantas (TAIZ et al., 2017). Assim, torna-se necessária adoção de tecnologias a fim de aumentar a produção de bioativos em plantas medicinais. A utilização de ambiente protegido com malhas fotoconversoras é uma excelente opção tecnológica, pois além da proteção física para as plantas, alteram a qualidade espectral da radiação solar que poderá favorecer um pleno crescimento, desenvolvimento e produção de óleo essencial em plantas medicinais (SOUZA et al., 2017).

A nutrição mineral de plantas é outro fator crucial na produção de metabólitos secundários (GOBBO-NETO; LOPES, 2007). O nitrogênio (N), por exemplo, torna-se limitante ao desenvolvimento e crescimento das plantas, visto que é o elemento chave para as sínteses de várias biomoléculas, tais como aminoácidos, proteínas, clorofilas, DNA, RNA dentre outras macromoléculas.

A absorção radicular e assimilação de N mineral são realizadas por formas iônicas, nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e/ou amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), desta forma são necessárias pesquisas científicas sobre a interferência nas rotas metabólicas para a composição, teor e rendimento de óleo essencial em plantas medicinais (DESCHAMPS et al., 2012; BULEGON et al., 2017; GUERRA et al., 2020 a).

Neste contexto, objetivou-se analisar a influência de proporções de nitrato:amônio no teor e rendimento do óleo essencial de *Mentha spicata* L. em diferentes ambientes de luz.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Produção de mudas

As mudas de *Mentha spicata* L. foram obtidas através de propagação vegetativa por estaquia, posteriormente crescidas em casa de vegetação pertencente ao Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), no município de Cruz das Almas, BA, Brasil. O enraizamento das estacas ocorreu em bandejas de polietileno constituídas por 200 células, contendo substrato areia e esterco bovino na proporção 3:1, respectivamente,

Decorrido 30 dias de enraizamento, as mudas foram acondicionadas em vasos de polipropileno com capacidade de 3,0 dm<sup>3</sup>, preenchido com areia lavada e vermiculita na proporção 2:1, respectivamente. A irrigação foi realizada diariamente com água destilada.

### Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x3, composto por cinco interações de nitrato:amônio, de acordo com modificações da solução nutritiva proposta por Hoagland & Arnon (1950), nas proporções 100:0; 75:25; 50:50; 25:75 e 0:100, respectivamente, sendo

mg L<sup>-1</sup> de nitrogênio, e três ambientes de luz, empregando-se malhas fotoconversoras ChromatiNet® vermelha e preta com 50% de sombreamento, e um tratamento a pleno sol (sem malha), com sete repetições contendo uma planta por vaso, constituindo assim, 105 unidades experimentais.

### Aplicação da solução nutritiva

Após oito dias do transplante e aclimatização das mudas nos ambientes de luz, iniciou-se a distribuição semanalmente das soluções nutritivas, constituídas por macro e micronutrientes (Tabela 1), com pH ajustado em 5,6, utilizando ácido clorídrico ou hidróxido de sódio.

Tabela 1. Volume (mL) das soluções estoque para formar 1L de solução nutritiva modificada, utilizando proporções de nitrato e amônio (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) conforme os respectivos tratamentos

Solução estoque (1M)	Proporções (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )				
	100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
	------(mL) -----				
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
NH <sub>4</sub> Cl	-	3,75	7,5	11,25	15,0
KCl	-	3,8	-	1,2	5,0
CaCl <sub>2</sub>	-	-	3,0	5,0	5,0
MgSO <sub>4</sub>	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
KNO <sub>3</sub>	5,0	1,2	5,0	3,75	-
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	5,0	5,0	2,0	-	-
Ferro - EDTA*	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Micronutrientes**	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

\*\* Soluções de micronutrientes (g/l): H<sub>3</sub>B<sub>3</sub>O<sub>3</sub> = 2,86; MnCl<sub>2</sub> 4H<sub>2</sub>O = 1,81; ZnCl<sub>2</sub> = 0,10; CuCl<sub>2</sub> = 0,04; H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub> H<sub>2</sub>O = 0,02. \*Solução de Ferro-EDTA: Foram dissolvidos 26,1 g de EDTA dissódico em 286 ml de NaOH 1N + 24,9g de FeSO<sub>4</sub>. 7H<sub>2</sub>O e aerado por uma noite.

### **Extração do óleo essencial**

A extração do óleo foi realizada no Laboratório de Fitoquímica da UFRB após 90 dias do início da aplicação das soluções nutritivas. Coletou-se aproximadamente 35 g da massa da matéria seca de folhas, com a finalidade de reduzir a volatilização do óleo essencial, foram desidratadas em estufa por circulação forçada de ar a  $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , até obter massa constante, trituradas manualmente e acondicionadas no interior de um balão volumétrico contendo 500 mL de água destilada. Foi utilizado o método de hidrodestilação por arraste de vapor com auxílio do aparelho Clevenger, durante duas horas.

Devido a diferença de densidade, o óleo extraído foi separado do hidrolato por meio de pipeta do tipo Pasteur, acondicionados em recipientes de 2 mL, pesado em balança de precisão e armazenados em freezer a  $5^{\circ}\text{C}$  (SANTOS et al., 2004).

Para determinar a variação do teor de umidade entre os tratamentos utilizaram-se amostras de um grama de fitomassa seca a  $45^{\circ}\text{C}$  e, posteriormente, as mesmas foram desidratadas a temperatura a  $70^{\circ}\text{C}$  até massa constante (LIMA et al., 2019).

### **Determinação do teor e rendimento de óleo essencial**

O teor de óleo essencial (TOE) foi determinado pela expressão matemática de SANTOS et al. (2004) em referência a base livre de umidade (BLU), por ser método padronizado e repetido a qualquer momento.

$$\text{TOE} = (\text{Vo} / \text{MS} - \text{U}) \times 100$$

TOE = Teor de óleo essencial, em %

Vo = Volume do óleo, mL

MS = Fitomassa da folha seca, g

U = Umidade na fitomassa da folha

O rendimento do óleo essencial (ROE), em  $\text{g kg}^{-1}$ , foi obtido pela seguinte fórmula de SANTOS et al. (2004),

$$\text{ROE} = (\text{TOE} / 100) \times \text{MS}$$

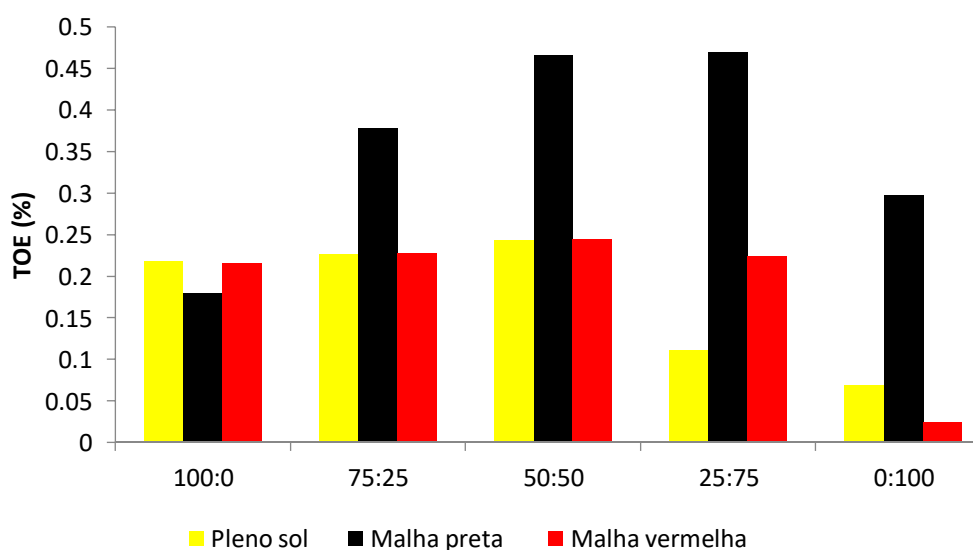
Não foi realizada análise estatística das variáveis analisadas devido à quantidade de material seco adquirido, sendo necessário a junção das repetições para a realização da extração dos óleos essenciais.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor (TOE) e rendimento (ROE) de óleo essencial em folhas de *Mentha spicata* L foram influenciados pelas soluções nutritivas e ambientes de luz.

As maiores médias de TOE em plantas de *M. spicata* foram observadas na proporção 50:50 nas plantas crescidas nos ambientes pleno sol e sob malha vermelha (MV) as quais produziram respectivamente 0,2433 % e 0,244 %, enquanto sob a malha preta (MP), na proporção 25:75, acumularam maior TOE 0,4702 %.

Corroborando com estes resultados Costa et al. (2012) verificaram que plantas de *Mentha piperita* cultivadas sob MP derivaram maior TOE quanto comparadas aquelas crescidas em MV e PS. Entretanto, alguns estudos mostraram que o TOE em plantas aromáticas tende a ser proporcional ao aumento da intensidade de luz (PINTO et al., 2014; PAULUS et al., 2016; ALVES et al., 2018).



**Figura 1.** Teor de óleo essencial em folhas de plantas de *Mentha spicata* L. cultivadas em diferentes proporções de nitrato:amônio, e ambientes de luz.

As proporções de  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  promoveram aumento no TOE em plantas cultivadas sob MP em comparação as soluções exclusivas de  $\text{NH}_4^+$  ou  $\text{NO}_3^-$ , sendo esta última responsável pela menor taxa de óleo essencial.

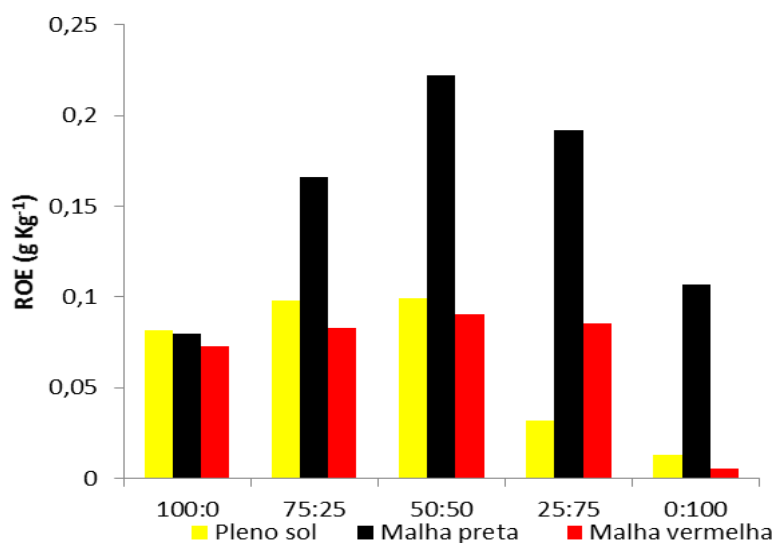
Esta resposta fisiológica é pertinente ao gasto de moléculas energéticas (ATP) para a redução do N-nítrico, no citoplasma, ao N-amoniaco nos plastídios, para a incorporação deste último íon na constituição dos aminoácidos, proteína, enzimas entre outras moléculas orgânicas (TAIZ et al., 2017). Já a absorção de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> não há demanda energética, tornando disponível moléculas de ATP para a síntese de precursores de óleo essencial (BORGES; AMORIM, 2020).

Em relação ao efeito das malhas fotoconversoras, verificou-se alto TOE em folhas de *Mentha* obtidos em MP, desencadeado pelo efeito da plasticidade fenotípica em plantas sob condição de sombreamento, apresentando baixo ponto de compensação fótica, lenta taxa de crescimento relativa, elevada área foliar específica, menores taxas fotossintética líquida e respiratória (TAIZ et al., 2017). Estes aspectos associados as proporções de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup> favoreceram aumento na produção de óleo essencial em folhas de *M. spicata* L.

Reportando ao efeito da qualidade espectral sobre o TOE em folhas de *M. spicata*, observou-se menor taxa na MV, ocorrido pela modificação do espectro de luz que incidiu sobre as plantas, uma vez que, além de reduzir as ondas azuis, verdes e amarelas, adicionam comprimentos de ondas na faixa do vermelho a vermelho distante, interferindo, possivelmente, na inibição de rota específica para a síntese de terpenos (PAULUS et al., 2016). Corroborando com estes resultados, Guerra et al, (2020 b) verificaram maior TOE em plantas de manjeriço cultivadas sob MP em detrimento a MV, evidenciando que o TOE, em espécies de plantas aromáticas é mais influenciado pela intensidade da radiação do que a qualidade espectral da luz (CHAGAS et al., 2013)

O rendimento de óleo essencial (ROE) está em função de sua concentração no tecido e da produção de material vegetal (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2005), neste sentido verifica-se na Figura 2 que plantas cultivadas sob MP na proporção 50:50 resultaram em maior ROE, divergindo da concentração 25:75 que procedeu maior TOE em folhas de *M. spicata* (0,22 g Kg<sup>-1</sup>).





**Figura 2-** Rendimento de óleo essencial em folhas de plantas de *Mentha spicata* L. cultivadas em diferentes proporções de nitrato : amônio, e ambientes de luz.

É uma resposta fisiológica ao equilíbrio de cargas que interfere na absorção de íons catiônicos e aniônicos disponível na solução do solo ao qual favorecerá a manutenção do potencial eletroquímico da membrana plasmática através da regulação da H<sup>+</sup> ATPase (TAIZ et al., 2017).

## CONCLUSÕES

Ambientes sombreados com a malha preta, na proporção 25:75 nitrato:amônio, desenvolve plantas de *Mentha spicata* L com maior teor e na solução nutritiva 50:50 melhor rendimento de óleo essencial.

Teor e rendimento de óleo essencial na proporção 50:50 NO<sub>3</sub>:NH<sub>4</sub><sup>+</sup> são superiores em plantas de *Mentha spicata* L cultivadas sob ambientes pleno sol e malha ChromatiNet<sup>®</sup> vermelha.

## LITERATURA CITADAS

- ALVES, A. C.; JESUS, F. N.; ALVES, P. B.; SANTOS, H. V.; SOUZA, G. S.; SANTOS, A. R. Biomass production and essential oil of lemon balm cultivated under colored screens and nitrogen. **Horticultura Brasileira**, vol. 36, n. 1, pp. 94-99, 2018, DOI: 10.1590/s0102-053620180116
- BEHN, H., ALBERT, A., MARX, F., NOGA, G., ULBRICH, A. Ultraviolet-B and Photosynthetically Active Radiation Interactively Affect Yield and Pattern of Monoterpenes in Leaves of Peppermint (*Mentha x piperita*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, vol. 58, n. 12, pp. 7361-7367, 2010, DOI:10.1021/jf9046072
- EZERRA, A. C., BARBOSA, L. da S., ZUZA, J. F. C., OLIVEIRA, A. M. F. de, AZEVEDO, C. F. Structural Characterization of Mint ( *Mentha x Villosa* Huds) Stem and Leaf. **Journal of Experimental Agriculture International**, vol.36, n. 2, pp.1-6, 2019, DOI: 10.9734/JEAI/2019/v36i230232
- BORGES, L. P., AMORIM, V. A. metabólitos secundários de plantas **Revista Agrotecnologia**, vol.11, n.1, p.54-67, 2020
- BULEGON, G. L.; FERREIRA, D. S.; YASSUE, M. R.; ECHER, M.M; PASTÓRIO, M. A. Produtividade de cultivares de *Ocimum basilicum* sobre doses de nitrogênio foliar, **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, vol.19, n.2, p.184-189, 2017 DOI: 10.1590/1983-084X/0019
- CHAGAS, J. H., PINTO, J. E. B. P., BERTOLUCCI, S. K. V., COSTA, A. G., JESUS, H. C. R., ALVES, P. B. Produção, teor e composição química do óleo essencial de hortelã-japonesa cultivada sob malhas fotoconversoras, **Horticultura Brasileira** vol.31, n. 2, pp. 297-303, 2013, DOI: 10.1590/S0102-05362013000200020
- COSTA, A. G., CHAGAS, J. H., PINTO, J. E. B. P., BERTOLUCCI, S. K. V. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol.47, n.4, pp.534-540, 2012, DOI: 10.1590/S0100-204X2012000400009
- DESCHAMPS, C., MONTEIRO, R., MACHADO, M. P., BIZZO, H., BIASI, L. A. Produção de biomassa, teor e composição do óleo essencial de *Mentha piperita* L. em resposta a fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, vol.14, n.1, pp.12-17, 2012, DOI: 10.1590/S1516-05722012000100003.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários, **Química Nova**, vol.30 n.2, pp. 374-381, 2007 DOI:10.1590/S0100-40422007000200026
- GUERRA, A. M. N. DE M., EVANGELISTA, R. S. SILVA, M. G. M., SANTOS, D. S., Nitrogênio influencia o acúmulo de biomassa e o rendimento de óleo essencial de manjeriço, **Brazilian Journal of Development**, vol. 6, n. 5, pp.24739-24756, 2020 a, DOI:10.34117/bjdv6n5-070

- GUERRA, A. M. N. de M., SILVA, M G. M., EVANGELISTA, R. S. Growth environment and pot volume affect biomass and essential oil production of basil **Revista Caatinga**, vol. 33, n. 1, p. 135-141, 2020 b DOI: 10.1590/1983-21252020v33n115rc
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. The water-culture method for growing plants without soil. **California Agricultural Experimental Station**. Circ. p. 347 1950
- LIMA, J. do C., SANTOS, A. R. dos, SOUZA, A. dos A., SANTOS, M. B. dos, ALVES, P. B. Content and composition of essential oil in lemon balm (*Lippia alba* (Mill) N.E.Br.) grown with ammonium and nitrate in light environments, **Revista Colombiana e Ciências Hortícola**, vol. 13 - n. 1, pp. 120-129, 2019, DOI: 10.17584/rcch.2019v13i1.7897
- MAHBOUBI, M. Mentha spicata as natural analgesia for treatment of pain in osteoarthritis patients. **Complementary Therapies in Clinical Practice**, n. 26, pp. 1-4. 2017, DOI:10.1016/j.ctcp.2016.11.001
- OLIVEIRA JÚNIOR, A. C., FAQUIN, V., PINTO, J. E. B. P., SOBRINHO, R. R. L., BERTOLUCCI, S. K. V. Teor e rendimento de óleo essencial no peso fresco de arnica, em função de calagem e adubação, **Horticultura Brasileira**.vol.23, n.3, pp.735-739, 2005, DOI: 10.1590/S0102-05362005000300009
- PAULUS, D., VALMORBIDA, R., FERREIRA, S. B., ZORZZI, I. C., NAVA, G. A. Biomassa e composição do óleo essencial de manjeriço cultivado sob malhas fotoconversoras e colhido em diferentes épocas, **Horticultura Brasileira**, vol. 34, n. 1, pp. 46-53, 2016, DOI: 10.1590/S0102-053620160000100007
- PINTO, J. E.B. P; FERRAZ, E. O; BERTOLUCCI, S. K.V.; SILVEIRA, H. R. ; SANTOS, A. R ; SILVA, G. M . Produção de biomassa e óleo essencial em mil folhas cultivada sob telas coloridas. **Horticultura Brasileira**, vol. 32, n.3, p. 321-326, 2014; DOI: 10.1590/S0102-05362014000300014
- SANTOS, A. S., ALVES, S. M., FIGUEIRÊDO, F. J. C., ROCHA NETO, O. G., Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. **Comunicado Técnico 99**. EMBRAPA, Belém, Brasil, 2004
- SOUZA, G. S. de; LIMA, J. C.; SANTOS, A. R. dos; OLIVEIRA, U. C. de ; BEZERRA, MARIANA NOGUEIRA . Produção de fitomassa de *Sálvia officinalis* L. cultivada sob malhas coloridas e doses de esterco avícola. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, vol. 12, pp. 182-186, 2017. DOI: 10.18378/rvads.v12i2.4213
- SOUZA, H. DE A., NASCIMENTO, A. L. A. A., STRINGHETA, P. C., BARROS, F. A. R. DE. Capacidade antioxidante de flores de capuchinha (*Tropaeolum majus* L.), **Revista Ponto de Vista**, n. 9, vol. 1, pp.73-84, 2020
- TAIZ, L., ZEIGER, E., MOLLER, I. M., MURPHY, A. Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. Porto Alegre, **Artmed**, 6. ed, pp.858. 2017.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Proporções de nitrato: amônio e ambientes de luz interferem no crescimento vegetativo, teor e rendimento de óleo essencial em *Mentha spicata* L. No seu crescimento, o uso eficiente de nitrogênio depende da solução balanceada das formas absorvidas de N mineral. No entanto, o teor de óleo essencial é maximizado com o aumento na absorção de  $N-NH_4^+$  em plantas cultivadas em telado com malha preta. A utilização de malhas fotoconversoras é excelente opção agrotecnológica para o cultivo de *Mentha spicata* L.

## ANEXO

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância para número de folhas (NF), clorofila 'a' (Chl a), clorofila 'b' (Chl b), clorofila total (Chl T), relação clorofila a/b (Chl a/b), massas das matérias secas da folha (MSF), do caule (MSC), do sistema radicular (MSR), da parte aérea (MSPA), da planta (MSP), volume de raízes (VR), área foliar (AF) e área foliar específica (AFE) em plantas de *Mentha spicata* L. cultivadas sob proporções de nitrato e amônio em diferentes ambientes de luz.

Fonte de variação	Quadrado médio						
	NF	Chl a	Chl b	Chl T	Chl a/b	MSF	MSC
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N)	19160,40 <sup>ns</sup>	11,01 <sup>ns</sup>	16,36 <sup>ns</sup>	47,20 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	11,09 <sup>ns</sup>	14,11 <sup>ns</sup>
Ambiente (A)	56649,60 <sup>ns</sup>	13,08 <sup>ns</sup>	1,12 <sup>ns</sup>	14,66 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	13,57 <sup>ns</sup>	33,62 <sup>ns</sup>
N*A	23571,27 <sup>*</sup>	34,70 <sup>*</sup>	11,70 <sup>ns</sup>	72,83 <sup>*</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	3,98 <sup>*</sup>	3,61 <sup>*</sup>
CV (%)	15,23	7,70	11,45	9,85	5,15	16,96	10,90

Fonte de variação	Quadrado médio					
	MSR	MSPA	MSP	VR	AF	AFE
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N)	97,93 <sup>ns</sup>	49,88 <sup>ns</sup>	280,79 <sup>ns</sup>	72,79 <sup>ns</sup>	2684,2 <sup>ns</sup>	50,11 <sup>ns</sup>
Ambiente (A)	95,24 <sup>ns</sup>	89,86 <sup>ns</sup>	112,12 <sup>ns</sup>	46,79 <sup>ns</sup>	58802,1 <sup>ns</sup>	993,59 <sup>ns</sup>
N*A	25,53 <sup>*</sup>	13,99 <sup>*</sup>	71,37 <sup>*</sup>	6,67 <sup>*</sup>	1830,5 <sup>ns</sup>	62,09 <sup>*</sup>
CV (%)	21,99	10,08	13,52	13,45	173,6	8,13

\* - Significativo ao nível de 5% pelo teste F; <sup>ns</sup> - não significativo.

## APÊNDICE



Plantas de *Mentha spicata* L crescida sob proporção crescente de  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  em ambiente a pleno sol

Fonte: Vieira-Silva, 2020



Plantas de *Mentha spicata* L crescida sob proporção crescente de  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  em ambiente com malha vermelha.

Fonte: Vieira-Silva, 2020



Plantas de *Mentha spicata* L. crescida sob proporção crescente de  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  em ambiente com malha preta.

**Fonte:** Vieira-Silva, 2020