

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS - CCR  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Suany Maria Gomes Pinheiro**

**CONCENTRAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NA  
PRODUÇÃO E CITOGENOTOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DA  
*SALVIA OFFICINALIS* L.**

Santa Maria, RS  
2019

**Suany Maria Gomes Pinheiro**

**CONCENTRAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NA PRODUÇÃO  
E CITOGENOTOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DA *SALVIA OFFICINALIS* L.**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutora em Agronomia**.

Orientador: Jerônimo Luiz Andriolo

Santa Maria, RS  
2019

PINHEIRO, SUANY MARIA GOMES  
CONCENTRAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NA  
PRODUÇÃO E CITOGENOTOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DA SALVIA  
OFFICINALIS L. / SUANY MARIA GOMES PINHEIRO.- 2019.  
75 p.; 30 cm

Orientador: JERÔNIMO LUIZ ANDRIOLO  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, RS, 2019


1. ÓLEO ESSENCIAL DE SALVIA OFFICINALIS L. I.  
ANDRIOLO, JERÔNIMO LUIZ II. Título.

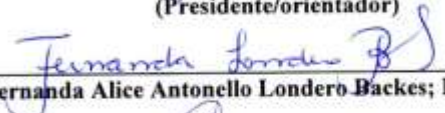
Suany Maria Gomes Pinheiro

**CONCENTRAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NA PRODUÇÃO  
E CITOGENOTOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DA *SALVIA OFFICINALIS* L.**

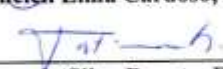
Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação  
em Agronomia, Área de Concentração em  
Produção Vegetal, da Universidade Federal de  
Santa Maria (UFSM, RS), como requisito  
parcial para obtenção do grau de **Doutora em  
Agronomia.**

Aprovado em 07 de outubro de 2019

  
\_\_\_\_\_  
Jerônimo Luiz Andriolo; Dr (UFSM)  
(Presidente/orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Fernanda Alice Antonello Londero Backes; Dra (UFSM)

  
\_\_\_\_\_  
Francieli Lima Cardoso; Dra (IFSC)

  
\_\_\_\_\_  
Tatiana da Silva Duarte; Dra (UFRGS)

  
\_\_\_\_\_  
Viviane Dal-Souto Frescura; Dra (UFSM)

Santa Maria  
2019

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, irmãos e namorado, Max, pelo amor, incentivo e apoio que foram fundamentais para esta conquista.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por estar sempre ao meu lado me concedendo amor, tranquilidade, nos momentos de angústias, força de vontade e por colocar em meu caminho pessoas maravilhosas.

Aos meus pais Jurandy Pinheiro e Maria Auxiliadora, pelo amor, dedicação, incentivo e carinho sempre.

Aos meus irmãos Camila, Saulo e Sara pelos momentos de alegria, apoio nos momentos de dificuldade, e por me mostrarem que família é a base de tudo.

Ao meu namorado, Max, por todo o amor, amizade, paciência, companheirismo e ajuda durante a condução deste trabalho.

Ao meu orientador, Jerônimo Andriolo, pela orientação, ensinamentos, paciência, disponibilidade de sempre ajudar nos momentos de dúvidas durante a condução deste trabalho e pela confiança a mim conferida.

Aos meus familiares que mesmo longe me apoiaram e incentivaram nesta conquista.

Aos meus amigos, mesmo os que estão longe, que sempre me deram apoio e auxílio nos momentos de dúvidas e incertezas.

Aos professores do PPGAGRO pelos ensinamentos e contribuições para a conclusão deste trabalho, em especial à professora Fernanda Backes e Solange Tedesco.

Aos amigos e colegas do Grupo de Pesquisa pela amizade e colaboração na condução do trabalho.

Às colegas do LABCITOGEN, pelo auxílio na condução do trabalho e pelos momentos de descontrações.

Ao colega, Gustavo Ugalde, do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas pela disponibilidade em ajudar nas análises cromatográficas.

Aos colegas de curso da Pós-Graduação em Agronomia.

À Universidade Federal de Santa Maria e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela formação que me proporcionou, e à CAPES pelo auxílio financeiro.

Aos funcionários da UFSM, em especial ao Sr. Alberto do Laboratório de Biometria, pelas boas conversas durante os longos dias de extração de óleo essencial.

Enfim, a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização desse trabalho.

**A TODOS VOCÊS, MEUS SINCEROS AGRADECIMENTOS.**

## RESUMO

### CONCENTRAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NA PRODUÇÃO E CITOGENOTOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DA *SALVIA OFFICINALIS* L.

AUTORA: Suany M<sup>a</sup> Gomes Pinheiro  
ORIENTADOR: Jerônimo Luiz Andriolo

A sálvia apresenta diversas propriedades terapêuticas, além de produzir óleo essencial que é muito utilizado na indústria farmacêutica, alimentícia e de cosméticos. O trabalho teve como objetivo determinar a influência da concentração e composição da solução nutritiva na produção de massa fresca e seca de sálvia em diferentes intervalos de coleta, do rendimento e da composição química do óleo essencial e seu efeito sobre a divisão celular e material genético de *Allium cepa* L. Os experimentos foram conduzidos no Departamento de Fitotecnia da UFSM, em sistema de cultivo sem solo. O primeiro experimento foi conduzido no período de setembro de 2016 a fevereiro de 2017, no qual foram testadas cinco concentrações de soluções nutritivas (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 dS m<sup>-1</sup>) e três intervalos de coleta (50, 100 e 150 DAP). O segundo experimento foi implantado no mês de setembro de 2017 no qual foram avaliadas diferentes composições da solução nutritiva. Os tratamentos foram constituídos por diferentes combinações dos nutrientes: (N)<sub>a</sub> - (K)<sub>a</sub> (Ca + Mg)<sub>b</sub>; (N)<sub>a</sub> - (K)<sub>b</sub> (Ca + Mg)<sub>a</sub>; (N)<sub>b</sub> - (K)<sub>a</sub> (Ca + Mg)<sub>b</sub>; (N)<sub>b</sub> - (K)<sub>b</sub> (Ca + Mg)<sub>a</sub>, sendo “a” considerado nível alto e “b” nível baixo, além da testemunha. Nos dois experimentos, a extração do óleo essencial das folhas foi realizada por hidrodestilação em aparelho de cleveger. As variáveis analisadas foram: massa fresca e seca de folhas, teor, rendimento e composição química do óleo essencial. E no segundo experimento foram analisados, ainda, os teores de macro e micronutrientes nas plantas. Um terceiro experimento foi realizado no Laboratório de Citogenética Vegetal do Departamento de Biologia da UFSM, no qual se avaliou o efeito genotóxico e antiproliferativo do óleo essencial a uma concentração de 0,25 % através do teste de *Allium cepa*. Os resultados mostraram que a maior produção de massa fresca e rendimento de óleo é obtida com a condutividade elétrica, da solução nutritiva, de 1,0 dS m<sup>-1</sup> e concentrações baixas de N (9,20 a 9,30 mmol L<sup>-1</sup>), associadas à relação catiônica (K/ Ca + Mg) baixa (0,30) ou próxima a 1,00, com coleta aos 130 ou 150 DAP. Os principais compostos encontrados no óleo essencial da sálvia são a cânfora e tujona e este na concentração de 0,25 %, apresenta efeito antiproliferativo e ausência de genotoxicidade.

Palavras-chave: Lamiaceae. Solução nutritiva. *Allium cepa* L. Cultivo sem solo.

## ABSTRACT

### CONCENTRATION AND COMPOSITION OF NUTRITIVE SOLUTION IN *SALVIA OFFICINALIS* L. ESSENTIAL OIL PRODUCTION AND CYTOGENOTOXICITY

AUTHOR: Suany M<sup>a</sup> Gomes Pinheiro

ORIENTER: Jerônimo Luiz Andriolo

Salvia has several therapeutic properties, besides producing essential oil that is widely used in the pharmaceutical, food and cosmetics industries. The objective of this work was to determine the influence of nutrient solution concentration and composition on the production of fresh and dry salvia mass at different collection intervals, yield and chemical composition of the essential oil and its effect on cell division and genetic material *Allium cepa* L. The experiments were conducted at the Department of Plants Sciences of the UFSM in soilless cultivation. The first experiment was conducted from September 2016 to February 2017, in which five concentrations of nutrient solutions were tested (1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 dS m<sup>-1</sup>) and three collection intervals (50, 100 and 150 DAP). The second experiment was implemented in September 2017, in which different nutrient solution compositions were evaluated. The treatments consisted of different combinations of nutrients: (N)<sub>a</sub> - (K)<sub>a</sub> (Ca + Mg)<sub>b</sub>; (N)<sub>a</sub> - (K)<sub>b</sub> (Ca + Mg)<sub>a</sub>; (N)<sub>b</sub> - (K)<sub>a</sub> (Ca + Mg)<sub>b</sub>; (N)<sub>b</sub> - (K)<sub>b</sub> (Ca + Mg)<sub>a</sub>, where “a” is considered high level and “b” low level, besides the control. In both experiments, the essential oil was extracted by hydrodistillation in a clevenger device. The variables analyzed were: fresh and dry leaf mass, content, yield and chemical composition of the essential oil. And in the second experiment were also analyzed the levels of macro and micronutrients in plants. A third experiment was carried out at the Plant Cytogenetics Laboratory of the UFSM Department of Biology, which evaluated the genotoxic and antiproliferative effect of the essential oil at a concentration of 0.25% by the *Allium cepa* test. The results showed that the highest fresh mass production and oil yield is obtained with the electrical conductivity of the nutrient solution of 1.0 dS m<sup>-1</sup> and low N concentrations (9.20 to 9.30 mmol L<sup>-1</sup>), associated with a low (0.30) or close to 1.00 cationic (K / Ca + Mg) ratio, with collection at 130 or 150 DAP. The main compounds found in sage essential oil are camphor and tujone and this at 0.25 % concentration, has antiproliferative effect and absence of genotoxicity

Keywords: Lamiaceae. Nutrient solution. *Allium cepa* L. Soilless cultivation



## LISTA DE TABELAS

### Artigo 1

Tabela 1	Composição e característica do substrato.....	21
Tabela 2	Teor de óleo essencial de plantas de <i>Salvia officinalis</i> coletadas aos 50 DAP, 100 DAP, 150 DAP. DAP= dias após o plantio. Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).....	29
Tabela 3	Teor acumulado de óleo essencial de plantas de <i>Salvia officinalis</i> submetidas a uma e duas coletas durante o período experimental. Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).....	30
Tabela 4	Principais compostos do óleo essencial plantas de <i>Salvia officinalis</i> coletadas aos 50, 100, 110 (segundo intervalo) e 150 DAP, cultivadas em diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0;5,0 dSm <sup>1</sup> ).....	32

### Artigo 2

Tabela 1	Composições das soluções nutritivas que foram empregadas no experimento.....	40
Tabela 2	Massa fresca e seca de folhas de plantas de <i>Salvia officinalis</i> cultivadas em diferentes composições de soluções nutritivas e coletadas aos 98 e 130 dias após o plantio, Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria.....	43
Tabela 3	Produção acumulada de massa fresca e seca de folhas de plantas <i>Salvia officinalis</i> cultivadas em diferentes composições de soluções nutritivas.....	43
Tabela 4	Rendimento de óleo essencial de plantas de <i>Sálvia officinallis</i> cultivadas em diferentes composições de soluções nutritivas e coletadas ao 98 e 130 dias após o plantio.....	45
Tabela 5	Rendimento de óleo essencial de plantas de <i>Sálvia officinallis</i> cultivadas em diferentes composições de soluções nutritivas.....	45
Tabela 6	Teor de óleo essencial de plantas de <i>Sálvia officinallis</i> submetidas a uma e duas coletas durante o período experimental. ....	46
Tabela 7	Principais compostos do óleo essencial extraído de folhas de <i>Salvia officinalis</i> cultivadas em diferentes composições de soluções nutritivas e coletadas aos 98, 130 e 110 (segundo intervalo) dias após o plantio.....	48
Tabela 8	Teores de macro e micronutrientes em diferentes órgãos da planta de <i>Salvia officinalis</i> (folha, caule e raiz).....	51
Tabela 9	Massa seca de raiz de plantas de <i>Salvia officinalis</i> cultivadas em diferentes composições de soluções nutritivas e coletadas aos 130 DAP.....	52

### Artigo 3

Tabela 1	Composições das soluções nutritivas empregadas no cultivo, em ambiente protegido e sem solo, de <i>Salvia officinalis</i> .....	60
Tabela 2	Descrição dos tratamentos utilizados para o teste de <i>Allium cepa</i> .....	62
Tabela 3	Número de células em interfase e em divisão, índice mitótico e alteração cromossômica de pontas de raízes de <i>Allium cepa</i> submetidas aos tratamentos com óleo essencial de <i>Salvia officinalis</i> .....	64

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 *Salvia officinalis* L. cultivada em ambiente protegido sem solo no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria.....13
- Figura 2 *Salvia officinalis* L. cultivada em ambiente protegido sem solo no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria.....13

### Artigo 1

- Figura 1 Massa fresca (A) e seca de folhas (B) de plantas de *Salvia officinalis* cultivadas com diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 dS m<sup>-1</sup>) coletadas aos 50 DAP, 100 DAP, 150 DAP. DAP= dias após o plantio. Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).....25
- Figura 2 Massa fresca (A) e seca (B) acumulada de folhas de plantas de *Salvia officinalis* cultivadas com diferentes concentrações da solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 dS m<sup>-1</sup>) e submetidas a duas coletas (sendo a primeira aos 50 DAP e a segunda aos 100 DAP); e uma coleta aos 150 DAP durante o período experimental. Santa Maria, RS, 7Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).....28
- Figura 3 Rendimento de óleo essencial de plantas de *Salvia officinalis* cultivadas com diferentes concentrações da solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 dS m<sup>-1</sup>) e coletadas aos 50 DAP, 100 DAP, 150 DAP. DAP= dias após o plantio Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).....29
- Figura 4 Rendimento acumulado de óleo essencial de plantas de *Salvia officinalis* cultivadas com diferentes concentrações da solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 dS m<sup>-1</sup>). Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).....30

### Artigo 3

- Figura 1 Células meristemáticas de pontas de raízes de *Allium cepa*. A – cromossomo perdido (indicado pela seta) em célula de tratamento com óleo essencial de *Salvia officinalis*, a 0,25 %, extraído a partir das plantas que foram cultivadas com CE de 3,0 dSm<sup>-1</sup> (T6); B – célula normal em anáfase (T2 - controle negativo em água destilada); C – célula normal em telófase (T2); D – Célula binucleada, indicada pela seta (T1 - controle positivo em glifosato 2%).....65

## SUMÁRIO

<b>1.0</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>11</b>
<b>2.0</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>A sálvia</b> .....	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Fatores que interferem no rendimento e na composição química do óleo essencial da sálvia</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Genotoxicidade</b> .....	<b>17</b>
<b>3.0</b>	<b>ARTIGO 1- CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO NUTRITIVA NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE <i>SALVIA OFFICINALIS</i> L.</b>	<b>18</b>
	Resumo.....	<b>18</b>
	Abstract.....	<b>18</b>
	Introdução.....	<b>19</b>
	Material e Métodos.....	<b>21</b>
	Resultados e Discussão.....	<b>24</b>
	Referências bibliográficas.....	<b>33</b>
<b>4.0</b>	<b>ARTIGO 2- PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE <i>SALVIA OFFICINALIS</i> L. EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS.</b>	<b>36</b>
	Resumo.....	<b>36</b>
	Abstract.....	<b>37</b>
	Introdução.....	<b>37</b>
	Material e Métodos.....	<b>39</b>
	Resultados e Discussão.....	<b>42</b>
	Referências bibliográficas.....	<b>53</b>
<b>5.0</b>	<b>ARTIGO 3- AVALIAÇÃO DA CITOGENOTOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE <i>SALVIA OFFICINALIS</i> L. CULTIVADA SOB DIFERENTES CONDUTIVIDADES ELÉTRICAS E COMPOSIÇÕES DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS.</b>	<b>57</b>
	Resumo.....	<b>57</b>
	Abstract.....	<b>57</b>
	Introdução.....	<b>58</b>
	Material e Métodos.....	<b>59</b>
	Resultados e Discussão.....	<b>63</b>
	Referências bibliográficas.....	<b>66</b>
<b>6.0</b>	<b>DISCUSSÃO GERAL</b> .....	<b>69</b>
<b>7.0</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>71</b>
<b>8.0</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>72</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O mercado mundial de óleos essenciais movimenta anualmente cerca de US\$ 15 bilhões, com crescimento aproximado de 11 % ao ano. O Brasil apresenta lugar de destaque nesse mercado, devido a produção de óleo essencial de citros, o qual é subproduto da indústria do suco. No entanto, apesar do país ser beneficiado por sua biodiversidade de recursos naturais, a produção de óleos essenciais, de outras espécies, ainda sofre com problemas como a falta de qualidade, representatividade e baixos investimentos no setor. Isso faz com que seja necessário o investimento e desenvolvimento de pesquisas que visem otimizar a produção desses produtos, a fim de atenderem a demanda. No mercado de óleos essenciais, há, pelos menos, 300 de interesse comercial (SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA, 2017) e dentre eles podemos citar o da sálvia (*Salvia officinalis* L.) que apresenta várias propriedades biológicas.

A sálvia é uma espécie pertencente à família Lamiaceae e originária da região Sul da Europa (POVH; ONO, 2006). Apesar de ser uma espécie aclimatada na região Sul do Brasil (POVH, 2008), pode ter seu crescimento reduzido devido às altas médias anuais de precipitação pluviométrica que a região apresenta, tendo em vista que a espécie alcança melhor crescimento em ambientes de clima quente e sem excesso de umidade. Dessa forma, o cultivo em ambiente protegido sem solo pode ser uma alternativa para otimizar o crescimento dessa cultura no Sul do Brasil e obter uma matéria-prima de qualidade para a extração de óleo essencial. Através desse sistema é possível minimizar os efeitos adversos do ambiente, proporcionar melhor planejamento relacionado à produção de massa fresca e seca, podendo reduzir o ciclo da cultura e melhorar a capacidade de rebrota, acarretando maior regularidade de oferta no decorrer do ano de cultivo, além de se ter um maior controle no fornecimento de nutrientes. (ANDRIOLO, 2017; SANTOS, 2012).

Em qualquer sistema de cultivo o manejo adequado da nutrição das plantas é fundamental para se obter bons resultados. No cultivo protegido sem solo os nutrientes são fornecidos através de uma solução nutritiva, cuja concentração de íons é medida pela condutividade elétrica (ANDRIOLO, 2017). Segundo Gruda (2009), diferentes propriedades dessa solução nutritiva como concentração de nutrientes, pH e proporções de íons podem proporcionar melhora na qualidade do produto obtido. Na literatura são escassas informações acerca da concentração e composição da solução nutritiva que favoreça a produção, rendimento e qualidade do óleo essencial da sálvia em sistemas de cultivo sem solo no Brasil.

Outro fator relevante no cultivo de plantas medicinais são técnicas de coletas, tendo em vista que um sistema de produção para fins de extração comercial de óleos essenciais deve levar em conta, entre outros fatores, a produção de massa fresca e seca e sua distribuição ao longo do ano. No entanto, para tais espécies, os resultados obtidos ainda são contrastantes. Para algumas plantas medicinais, menores intervalos entre coletas aumentam a produção de massa seca e o rendimento do óleo essencial, enquanto outras apresentam efeitos contrários (BERGO et al., 2005; BLANCK et al., 2012). Para a sálvia, não foram encontrados na literatura resultados indicando o efeito do intervalo entre coletas na produção de massa fresca e seca e de óleo essencial, bem como na composição deste.

Os óleos essenciais produzidos em diferentes condições de cultivo estão sujeitos a alterações em sua composição química, podendo alterar seu valor terapêutico. Essas alterações podem ser determinadas sobre a divisão celular e o material genético, através do sistema *Allium cepa*. Esse método consiste em avaliar o índice de divisão celular mitótica, fornecendo informações sobre o potencial que a substância tem de inibir ou aumentar a proliferação celular e o número de alterações cromossômicas causadas pelo óleo essencial (BAGATINI et al., 2007; FRESCURA, 2012), podendo dessa forma, fornecer à população informações importante quanto ao uso desse produto.

### **1.1. OBJETIVO GERAL**

O trabalho teve como objetivo determinar a influência da concentração e composição da solução nutritiva na produção de massa fresca e seca de sálvia em diferentes intervalos de coleta, no rendimento, na composição química do óleo essencial e seu efeito sobre a divisão celular e material genético de *Allium cepa* L.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Avaliar diferentes intervalos de coletas associados a distintas concentrações de solução nutritiva no crescimento de plantas de sálvia e no rendimento do óleo essencial.
- b) Avaliar as alterações na composição do óleo essencial de sálvia cultivada em diferentes concentrações de solução nutritiva e o efeito do óleo essencial sobre a divisão celular e o material genético de *Allium cepa* L.

- c) Identificar o efeito de diferentes combinações de concentrações de nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio na solução nutritiva e seus efeitos no crescimento da planta, no rendimento de óleo essencial, na divisão celular e no material genético de *Allium cepa* L.
- d) Determinar teores de macro e micronutrientes nos diferentes órgãos das plantas de sálvia (raiz, caule e folha), cultivadas com distintas composições de solução nutritivas.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. A SÁLVIA**

A *Salvia officinalis* L., popularmente conhecida como sálvia, é uma espécie pertencente à família Lamiaceae, originária da região Sul da Europa, sendo muito difundida na Bacia do mediterrâneo, Sudoeste da África, América central e América do Sul onde devido as suas propriedades medicinais (antidispéptica, anti-inflamatória, antisséptica e antioxidante, etc) e condimentares é largamente cultivada (FARMACOPÉIA BRASILEIRA, 2011; AVATO et al., 2005; POVH, 2008).

Classificada como uma planta perene a sálvia pode viver até 8 a 12 anos. No entanto, é aconselhável que com 2 a 3 anos de cultivo as plantas sejam substituídas, uma vez que a produção poderá ser afetada à medida que essas vão ficando mais velhas. (FERREIRA et al, 2012). A espécie é de pequeno porte, considerada um subarbusto lenhoso. As folhas superiores são sésseis e as inferiores são pecioladas, opostas, finamente reticuladas e levemente recobertas por fina penugem. As flores são pequenas, geralmente, azuladas (POVH, 2008).



Figura 1 – *Salvia officinalis* L. cultivada em ambiente protegido sem solo no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria.

Para a região do Mediterrâneo o florescimento ocorre na primavera/verão, conforme Costa et al (2000) e Ferreira et al (2012). No entanto, esse pode divergir conforme a região na qual a planta é cultivada. Em Cuba Hernández et al (2000), afirma que a partir de estudos fenológicos realizados em Havana e Sancti Spiritus o crescimento da sálvia é muito lento, apresentado floração escassa. Quanto ao florescimento no Hemisfério Sul, segundo Lorenzi; Mattos (2008), as plantas de *Salvia officinalis* florescem entre os meses de agosto e dezembro.



Figura 2– *Salvia officinalis* L. cultivada em ambiente protegido sem solo no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria.

Essa planta tem importância devido a sua ampla utilização, tendo em vista que suas folhas são utilizadas como condimento e na preparação de chás, e a partir delas e das unidades florais é extraído o óleo essencial, utilizado para fins terapêuticos, devido à alta quantidade de princípios ativos. Segundo Povh e Ono (2006), a espécie apresenta teor de óleo essencial variando de 0,5 % a 1,1 % e apresenta em sua composição química, cis-tujona, cânfora, 1,8-cineol, trans-tujona, cafeno, borneol, entre outros compostos (POVH, 2008). No entanto, o rendimento e a composição deste óleo podem variar, dependendo do manejo e das condições ambientais às quais as plantas estão submetidas (MORAIS, 2009).

## 2.2. FATORES QUE INTERFEREM NO RENDIMENTO E NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO ÓLEO ESSENCIAL.

O metabolismo vegetal é dividido em metabolismo primário e secundário. O primário é comum em todas as espécies vegetais e essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas. O secundário é um conjunto de processos metabólicos restritos a algumas espécies, ou seja, não tem função direta nos processos de crescimento e desenvolvimento dos vegetais, sendo influenciado, principalmente, pelo ambiente (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A partir desse metabolismo secundário são produzidas substâncias que podem apresentar atividades biológicas. Dentre essas substâncias, destacam-se os óleos essenciais, que são “misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, em geral odoríferas e líquidas obtidas de matéria-prima vegetais” (SIMÕES et al., 2017 p. 167). Na constituição desses óleos são encontrados, principalmente, fenilpropanóides e terpenos (monoterpenos e sesquiterpenos), sendo este último mais representativo (BIASI; DESCHAMPS, 2009). Os terpenos, por sua vez, são formados pela fusão de unidades isoprênicas de cinco carbonos e são sintetizados a partir de duas vias metabólicas distintas, sendo elas; a rota do ácido mevalônico e a rota do MEP-metilerytritol fosfato (TAIZ; ZEIGER, 2013). Essas rotas metabólicas podem ser influenciadas por diversos fatores ambientais, afetando assim, conseqüentemente, a produção e composição dos óleos essenciais.

A nutrição mineral é um dos fatores que mais influência na produção de biomassa e óleo essencial, bem como em sua composição, tendo em vista que baixas ou altas concentrações de nutrientes podem influenciar de forma positiva ou negativa o crescimento da planta, bem como a produção e qualidade de óleo essencial.



O nitrogênio é o nutriente mais requerido pela planta para obtenção de maior acúmulo de massa fresca e seca, uma vez que está presente na estrutura molecular de aminoácidos, ácidos nucleicos, pigmentos e nas enzimas fundamentais para o crescimento das plantas (TAIZ; ZEIGER, 2013). No entanto, sua atuação no aumento da produção de metabólitos secundários ainda é contrastante, uma vez que para algumas espécies de plantas medicinais, concentrações mais baixas desse nutriente podem proporcionar melhores resultados para o rendimento de óleo essencial.

Frescura (2014) avaliando diferentes concentrações de N (5.55, 8.05, 10.55, 13.05 e 15.55 mmol L<sup>-1</sup>) na solução nutritiva para produção de óleo na cultura do alecrim (*Rosmarinus officinalis* L), obteve melhor resultado quando a concentração desse nutriente foi de 8,52 mmol L<sup>-1</sup>, o que é considerada média a baixa em relação a algumas hortícolas (PARDOSSI, 2011).

O fósforo, por sua vez é fundamental para compor o isopreno ativo IPP (isopentenil pirofosfato), unidade básica de formação dos óleos essenciais, além de ser importante componente em umas das rotas (MEP- metileritritol fosfato) de produção desse metabólito secundário (FREITAS, 2006). No entanto, nem sempre o aumento desse nutriente acarreta uma maior produção de óleo essencial. Rodrigues et al. (2004), avaliando a cultura da menta em diferentes concentrações de fósforo na solução nutritiva observou que a concentração de 19,48 mg L<sup>-1</sup>, apesar de não ter proporcionado o maior crescimento das plantas, foi a melhor com relação ao teor de óleo essencial. Esses autores, relataram ainda que o maior crescimento das folhas obtidos com a maior concentração de fósforo (30,00 mg L<sup>-1</sup>) ocasionou uma diluição do óleo, resultando em menor teor.

O Potássio, cálcio e magnésio são reguladores de enzimas na síntese de metabólitos vegetais e a quantidade desses nutrientes fornecidos à planta vai interferir na taxa de ativação enzimática e reações químicas, podendo, dessa forma, ocasionar alteração na produção de metabólitos secundários (TAIZ; ZEIGER, 2013). Santos (2008), estudando diferentes concentrações da solução nutritiva de Furlani et al. (1999) na produção de orégano (*Origanum vulgare* L.) e agrião da terra (*Barbarea verna*), observaram que para as duas espécies a menor concentração estudada (50 %) foi suficiente para um bom desenvolvimento da cultura.

Segundo Andriolo et al. (2010), para alcançar alta produtividade associada à boa qualidade dos produtos no sistema de cultivo sem solo, além da concentração ideal da solução nutritiva, uma alternativa seria a modificação na proporção entre íons na solução, fazendo com que o equilíbrio iônico favoreça a absorção de alguns íons, melhorando assim a qualidade do produto. Esses mesmos autores concluíram que o aumento da concentração de potássio na

solução nutritiva diminui o crescimento, a produção e a qualidade das frutas de morango. Em plantas medicinais têm sido realizados diferentes estudos com a nutrição mineral, inferindo que distintas composições de soluções nutritivas podem modificar a produção de biomassa ou de metabólitos secundários (SOUZA, 2006; VALMORBIDA et al., 2006). No entanto, para a sálvia os resultados ainda são escassos.

Maia et al. (2001), avaliaram o crescimento da espécie *Mentha arvensis* L. e o teor e qualidade do óleo essencial a partir da solução modificada de Hoagland; Arnon (1950). Nesse estudo, altos níveis de N promoveram aumento no peso das folhas, mas com menor teor de óleo (0,97 %) e baixo teor de mentol, ou seja, menor qualidade do óleo. No entanto, para níveis mais elevados de Ca e Mg e baixo nível de P observou-se um aumento no teor de óleo, sem alterações significativas na qualidade. Valmorbida et al. (2006), estudando *M. piperita* L., em solução nutritiva de Hoagland; Arnon (1950) verificaram que o maior nível de potássio utilizado não resultou em maior rendimento de óleo essencial. E que, para melhor rendimento e qualidade desse produto, a *M. piperita* deve ser cultivada com redução de 50 a 75 % da quantidade de potássio proposta para a solução completa de Hoagland; Arnon (1950). Segundo Souza (2006), como a produção de metabólitos secundários é uma resposta da planta ao ambiente, nem sempre serão alcançados os melhores resultados quando se oferecer tudo o que a planta necessita para o crescimento.

Outro fator de relevância que afeta a produção de óleo essencial das plantas é o intervalo das coletas. Em *Piper hispidinervum* C. DC. (pimenta longa) o rendimento de óleo essencial foi maior quando se realizou apenas uma coleta no intervalo de 12 meses comparado a duas coletas durante esse período (BERGO et al., 2005). Na cultura do gerânio, para as variáveis de biomassa e óleo essencial, os melhores resultados de quantidade foram obtidos com intervalo de oito semanas comparados a períodos de doze e dezesseis semanas, ou seja, períodos longos de colheita são menos produtivos (BLANCK et al., 2012). Menores intervalos de coleta associados a maior produção de massa fresca e seca, reduzem os custos operacionais da cultura acarretando menor gasto para o produtor.

A avaliação de técnicas adequadas de manejo de plantas medicinais é fundamental para otimizar a produção de massa fresca e seca, bem como de óleo essencial, em termos de quantidade e qualidade que atenda as exigências do mercado.

### 2.3. GENOTOXICIDADE

As plantas medicinais vêm sendo muito utilizadas para o tratamento de algumas doenças, devido a seus princípios ativos. No entanto, apesar do crescimento no consumo, são poucos os estudos referentes à ação que os compostos presentes nessas plantas podem causar no material genético e na divisão celular do organismo a eles exposto. Um dos testes que vem sendo utilizado para a avaliação desses efeitos é o sistema de *Allium cepa* (PASQUALLI et al., 2015; FRESCURA et al., 2013; TEDESCO; LAUGHINGHOUSE, 2012). O teste é validado pelo Programa Internacional de Segurança Química e o Programa Ambiental das Nações Unidas (CABREARA; RODRIGUEZ, 1999), além de apresentar resultados semelhantes aos obtidos com testes feitos em animais *in vitro*, certificando dessa forma a sua eficiência. (CAMPAROTO et al., 2002, PINHO et al., 2010).

Luz et al. (2012) avaliando o potencial citotóxico e genotóxico de *Plantago major* L. em sistemas teste de *Allium cepa* e no teste de micronúcleo em medula óssea de roedores também observaram resultados semelhantes para ambos os testes.

O teste de *Allium cepa* consiste manter as raízes de cebola em contato com a substância a ser testada por 24 horas. Sendo avaliados em seguida, o índice mitótico que é indicador da proliferação adequada das células e as alterações cromossômicas que são indicadores de genotoxicidade, (BEGATINI et al., 2007; FRESCURA, 2014; TEDESCO; LAUGHINGHOUSE, 2012). Xavier et al. (2009), estudando a citotoxicidade de extratos de *Salvia officinalis* concluiu que este possui atividade antiproliferativa, ou seja, inibi a divisão celular. Segundo El Hadri et al. (2010) o alfa-humuleno presente na espécie pode contribuir para inibição do crescimento de células tumorais. Pesquisas relacionadas à genotoxicidade de compostos com atividades biológicas são de suma importância, tendo em vista que tais resultados podem ser relevantes na fabricação de novos fármacos (PURVES et al., 1995; VARANDA, 2006).

## ARTIGO 1

Concentração da solução nutritiva no crescimento e produção de óleo essencial de *Salvia*

*officinalis*

### Resumo

A sálvia é uma espécie rica em óleo essencial, utilizada na indústria farmacêutica, alimentícia e de cosméticos. O trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes concentrações da solução nutritiva na produção de massa fresca e seca de folha, teor, rendimento e composição química do óleo essencial da sálvia. O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da UFSM, em cultivo sem solo, no período de setembro de 2016 a fevereiro de 2017. Foram testadas cinco concentrações de solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 dS m<sup>-1</sup>) e três intervalos de coletas (50, 100 e 150 dias após o plantio - DAP). A produção máxima de massa fresca e seca de folhas, 304 e 63 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente, foi obtida quando as plantas foram coletadas aos 150 DAP e cultivadas com solução nutritiva com condutividade elétrica de 1,0 dS m<sup>-1</sup>. O rendimento do óleo essencial não diferiu quando as plantas foram coletadas uma única vez aos 150 DAP e duas vezes, sendo a primeira aos 50 DAP e a segunda aos 110 DAP, alcançando uma produção máxima de 0,85 mL planta<sup>-1</sup>, com condutividade elétrica de 1,0 dS m<sup>-1</sup>. Quanto à composição química do óleo essencial os principais compostos encontrados foram a cânfora e a tujona, para todos os tratamentos. O sistema de cultivo sem solo é uma alternativa para o cultivo da sálvia para fins de extração de óleo essencial.

**Palavras-chave:** Lamiaceae; condutividade elétrica, planta medicinal, cultivo sem solo

Concentration of the nutrient solution in the growth and production of *Salvia officinalis*

essential oil

### Abstract

*Salvia* is a species rich in essential oil which, in turn, is widely used in the pharmaceutical, food and cosmetics industry. The objective of this work was to evaluate the influence of different nutrient solution concentrations on fresh and dry leaf mass production, content, yield and chemical composition in sage essential oil. The experiment was conducted at the Department of Plant Science of UFSM, in soilless culture from September 2016 to February 2017. Five concentrations of nutrient solution (1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 dS m<sup>-1</sup>) and three, between planting and harvesting (50, 100 and 150 DAP) were tested. The maximum yield of fresh and dry leaf mass, 304 and 63 g plant<sup>-1</sup>, respectively, was obtained when the plants were collected at 150 DAP and cultivated with nutrient solution whose electrical conductivity was 1.0 dSm<sup>-1</sup>. The essential oil yield did not differ when plants were collected only once at 150 DAP and twice, the first being at 50 DAP and the second at 110 DAP, reaching a maximum yield of 0.85 mL plant<sup>-1</sup>, with conductivity. 1.0 dS m<sup>-1</sup> power supply. Regarding the chemical composition of the essential oil the main compounds found were camphor and tujona, for all treatments. The soilless cultivation system is an alternative for the cultivation of sage for essential oil extraction purposes.

**Keywords:** Lamiaceae; electrical conductivity; medicinal plant, soilless cultivatiol

## INTRODUÇÃO

A *Salvia officinalis* é uma espécie originária da região Mediterrânea, pertencente à família Lamiaceae. Essa família é importante na produção de óleos essenciais, que devido às suas propriedades medicinais são utilizados na indústria farmacêutica, alimentícia e de cosméticos. Os óleos essenciais são provenientes do metabolismo secundário das plantas e, por isso, o rendimento e a composição química sofrem influência de fatores ambientais e das técnicas de manejo utilizadas durante o cultivo da espécie.

A sálvia tem seu crescimento e desenvolvimento favorecidos em regiões de climas temperado-quente, com temperatura média de 20 a 25 °C (Ribeiro & Diniz, 2008). Na região Sul do Brasil o clima é subtropical úmido do tipo "Cfa" (com precipitação abundante e bem distribuída ao longo de todo o ano) conforme a classificação de Köppen (Alvares et al., 2014). O elevado índice pluviométrico da região pode ser prejudicial ao crescimento da sálvia, uma vez que a planta não tolera excesso de umidade.

Outro fator que se deve considerar é que como os óleos essenciais da espécie são armazenados em estruturas secretoras externas denominadas tricomas glandulares (Biasi & Deschamps, 2009), o impacto das gotas de chuva e dos ventos pode causar perdas desses metabólitos secundários. Sendo assim, uma técnica alternativa para a produção dessa espécie é o cultivo em ambiente protegido sem solo, o qual é capaz de proporcionar maior produção, tendo em vista que diminui os efeitos adversos do ambiente, além de permitir um melhor controle no manejo da espécie (Andriolo, 2017).

Na técnica de cultivo sem solo, geralmente, o fornecimento de nutrientes é realizado por fertirrigação, ou seja, para suprir a necessidade nutricional das plantas os sais fertilizantes são dissolvidos em água a qual é fornecida aos vegetais. No entanto, a concentração ideal desses nutrientes depende da cultura, principalmente em se tratando de espécies cujo principal produto são metabólitos secundários, os quais podem ter sua síntese alterada devido as diferentes condições de cultivo.

Para a maioria das hortaliças, em cultivo sem solo, a condutividade elétrica indicada da solução nutritiva situa-se entre 1,0 e 2,5 dS m<sup>-1</sup> (Andriolo, 2017), sendo que valores acima do limite superior podem causar estresse salino nas plantas. Contudo, em se tratando de plantas aromáticas e medicinais o estresse pode favorecer a síntese de óleos essenciais, tendo em vista que esses podem ter sua produção estimulada como uma forma de adaptação da planta ao estresse (Morais, 2009). Meira et al., 2013, avaliando diferentes lâminas de irrigação

(0,50xET0; 0,75xET0; 1,0xET0; 1,25xET0; 1,5xET0 e 1,75xET0), na produção de óleo essencial de *Melissa officinalis*, observaram que houve redução na produção de massa fresca e seca e aumento no rendimento de óleo com a menor lâmina de irrigação, inferindo-se que o estresse hídrico favoreceu a produção desse metabólito. Entretanto, essa afirmação não pode ser tida como padrão, ou seja, dependendo da espécie e de qual fator está atuando sobre ela a produção de óleos essenciais pode ser reduzida, bem como a composição química pode ser alterada, comprometendo sua qualidade.

Outro fator que pode alterar a produção de metabólito secundário é a idade das plantas, uma vez que esse fator associado às condições ambientais e ao manejo interfere na síntese desse produto (Morais et al., 2009; Frescura et al., 2018). Em plantas de alecrim (*Rosmarinus officinalis*), cultivadas com diferentes concentrações de solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dS m<sup>-1</sup>) coletadas aos 100 e 160 DAP, em cultivo sem solo, Frescura et al. (2018) observaram que não houve interação significativa entre as condutividades elétricas e as duas épocas de coleta. No entanto, a condutividade de 2,0 dS m<sup>-1</sup> foi a que apresentou maior rendimento de óleo essencial (0,87 g. planta<sup>-1</sup>) quando a coleta foi realizada aos 160 DAP. Quanto à composição química do óleo não houve variação significativa para os distintos tratamentos.

Aziz et al. (2013) avaliaram o crescimento, a produção e a composição de óleo essencial de *Salvia officinalis* em diferentes condutividades (0, 1,7, 3,1 e 4,7 dS m<sup>-1</sup>) obtidas a partir de variações na concentração de NaCl na solução, em duas épocas de coleta, e concluíram que o aumento da CE reduziu a produção de massa seca. A redução foi mais significativa quando as plantas foram submetidas à CE mais alta (4,7 dS m<sup>-1</sup>), apresentando uma redução de 88,26 e 137,17 % no primeiro e segundo cortes, respectivamente, quando comparada ao controle. Para o rendimento do óleo essencial também foi observada a mesma tendência, ou seja, com o aumento da CE a produção de óleo essencial diminuiu, obtendo-se os valores de 0,10 mL planta<sup>-1</sup> para o controle e de 0,05 mL planta<sup>-1</sup> para a CE de 4,7 dSm<sup>-1</sup>, no primeiro corte, e de 0,24 mL planta<sup>-1</sup> ( controle) e de 0,07 mL planta<sup>-1</sup> ( CE de 4,7 dSm<sup>-1</sup>) no segundo corte.

O objetivo do trabalho foi determinar a influência de diferentes concentrações da solução nutritiva associadas a diferentes intervalos de coleta na produção de massa fresca e seca, rendimento e composição química no óleo essencial da *Sálvia officinalis* em cultivo sem solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no interior de um abrigo coberto com polietileno aditivado anti-UV com 100µm de espessura no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) entre os períodos de setembro de 2016 a fevereiro de 2017. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen é subtropical úmido "Cfa" (precipitação abundante e bem distribuída ao longo de todo o ano) (Alvares et al., 2014).

Durante o período experimental a temperatura média do ar e a radiação solar global acumulada foram coletadas diariamente por uma estação meteorológica automática a cerca de 300 m de distância. Valores médios registrados para temperatura e radiação solar global foram, respectivamente, 14,6 °C e 325,9 MJ.m<sup>-2</sup> em setembro; 18,5 °C e 679,4 MJ.m<sup>-2</sup> em outubro; 20,15 °C e 698,0 MJ.m<sup>-2</sup> em novembro; 23,3 °C e 692,59 MJ.m<sup>-2</sup> em dezembro de 2016 e 24,0 °C e 671,7 MJ.m<sup>-2</sup> em janeiro e 24,0 °C e 437,1 MJ.m<sup>-2</sup> em fevereiro de 2017.

O dispositivo para cultivo das plantas foi constituído por cinco bancadas com telhas de fibrocimento, revestidas com filme transparente de polietileno de baixa densidade com espessura de 100 µm. As telhas com 3,65 m de comprimento, 1 m de largura, e 0,8 m de altura foram apoiadas a uma estrutura de alvenaria formando uma declividade de 1%. Sobre os canais das telhas foram colocadas britas basálticas de granulometria média. As mudas de sálvia com aproximadamente 10 cm de altura foram adquiridas no comércio local e transplantadas para vasos de polipropileno de 3 dm<sup>3</sup>, preenchidos com substrato orgânico H. Decker Hortaliças® (tabela 1). O transplântio foi realizado no dia 16 de setembro de 2016.

Tabela 1. Composição e característica do substrato.  
Table 1. Composition and characteristic of substrate.

Composição	Densidade em base seca	pH	Umidade máxima	Capacidade de retenção de água	Condutividade elétrica
Turfa	330 kg/m <sup>3</sup>	5,8	55 %	70 %	1,2 dS m <sup>-1</sup>
Fertilizante mineral					
Calcário calcítico					

Fonte: rótulo da embalagem

O fornecimento da solução nutritiva foi realizado através de fita gotejadora conectada a uma bomba submersa (bomba de aquário, 8 W, vazão de 540 L h<sup>-1</sup>) no interior do reservatório, acionada por um programador horário. Para cada fileira de vasos, foi distribuída uma fita gotejadora, com um gotejador por planta e vazão média de 0,5 L.h<sup>-1</sup>. Foram feitas até cinco

fertirrigações diárias de 15 minutos durante o período experimental. Em cada fertirrigação foi empregado um coeficiente de drenagem não inferior a 30 %. A solução drenada foi recolhida ao reservatório de origem, em sistema fechado. O volume da solução nutritiva foi completado sempre que o volume era igual ou inferior a 50 % do volume inicial. A condutividade elétrica, que era aferida três vezes na semana através do condutivímetro, foi mantida próxima ao valor inicial, tolerando-se um desvio de 10 %, utilizando para suas correções, água ou alíquotas de nova solução nutritiva, dependendo da necessidade. O pH foi mantido entre 5,5 e 6,5 tolerando-se um desvio de 0,2 unidades, e mediante a adição de NaOH ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na concentração 1 N, eram feitas as correções necessárias. Este também era aferido três vezes durante a semana com o auxílio de um pHmetro.

A solução nutritiva empregada foi baseada em Frescura et al, (2018), para a cultura do alecrim (*Rosmarinus officinalis*). Para essa solução a condutividade padrão é de 1,0 dS m<sup>-1</sup> e a composição iônica foi em mmol.L<sup>-1</sup>: 8,3 de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 1,0 de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; 0,7 de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 5,0 de K<sup>+</sup>; 1,5 de Ca<sup>2+</sup>; 1,25 de Mg<sup>2+</sup> e 1,25 de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Os micronutrientes foram fornecidos nas concentrações de, em mg.L<sup>-1</sup>, 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu; 0,50 de Mn; ,22 de Zn e 1,0 mg.L<sup>-1</sup> de Fe na forma quelatizada.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado com 5 repetições, em fatorial 5 × 3, sendo cinco concentrações de solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 dS m<sup>-1</sup>) e três intervalos de coleta a partir do plantio (50, 100 e 150 dias após o plantio (DAP)), sem substituição das plantas. Também se buscou analisar o efeito de uma e duas coletas durante o período experimental, ou seja, foi comparado os resultados de uma única coleta realizada aos 150 DAP com os de duas coletas, sendo a primeira realizada aos 50 DAP e a segunda aos 110 DAP, em um mesmo grupo de plantas.

As concentrações foram múltiplos da solução de Frescura et al. (2018), de forma a obter condutividades de 1,0 (T1, testemunha), 2,0 (T2), 3,0 (T3), 4,0 (T4) e 5,0 (T5) dS m<sup>-1</sup>. Até os 15 DAP as plantas de todos os tratamentos foram cultivadas com solução padrão, cuja condutividade foi de 1,0 dS m<sup>-1</sup> e somente após esse período foram fornecidas as soluções com as demais concentrações de sais (2,0, 3,0, 4,0 e 5,0 dS m<sup>-1</sup>).

O fator concentração da solução foi aplicado em cada bancada e as plantas foram divididas em três grupos com dez plantas úteis para aplicação dos fatores intervalos entre o plantio e a coleta (DAP) e número de coletas na mesma planta. A posição de cada grupo foi sorteada em cada bancada. Em cada uma das coletas as avaliações foram realizadas em nove plantas, sendo cinco utilizadas para a determinação de massa fresca e seca da parte aérea e quatro para o



rendimento e qualidade do óleo essencial. Ao se realizar a coleta as folhas foram separadas das hastes e o material foi pesado separadamente.

Em todas as concentrações de solução foi realizada a coleta do grupo de plantas aos 50 DAP. Essas plantas foram deixadas a rebrotar e procedeu-se uma segunda coleta aos 110 DAP. Após essa coleta as plantas apresentaram mortalidade de 100 %, não havendo, portanto, mais coletas. No segundo grupo de plantas a primeira coleta foi feita aos 100 DAP e nesse grupo também não houve mais coletas, pois apresentaram mortalidade de 100%. No terceiro grupo de plantas foi feita apenas a coleta prevista aos 150 DAP, quando o experimento foi encerrado.

O corte foi feito na altura de 10 cm de forma a manter pelo menos três gemas axilares visíveis, de forma similar como procedido em alecrim por Frescura et al. (2018). A massa fresca de folhas foi determinada imediatamente após a coleta e a massa seca de folhas, após secagem em estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de 60 °C, até obter massa constante entre duas determinações sucessivas. A massa fresca de folhas utilizada para a obtenção do óleo essencial foi armazenada em freezer, de aproximadamente -4° C, até o momento da extração.

O óleo essencial foi avaliado quanto ao seu teor, rendimento, e a sua composição química. A composição química do óleo essencial foi avaliada através de Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM). O cromatógrafo utilizado foi um Shimadzu, modelo GC-2010 (Shimadzu, Kyoto, JP); a coluna capilar foi uma Restek Rtx<sup>®</sup>-5MS ( 30 m x 0,25 mm, espessura de filme 0,25 µm; Restek, Pennsylvania, EUA); hélio foi empregado como gás de arraste em um fluxo de 1,69 mL/min; a temperatura do injetor foi mantida a 240°C; Um volume de 1 µL de cada amostra foi injetado em modo *split* em uma razão de 1:30. A rampa de temperatura do forno da coluna foi programada linearmente de 40 a 260°C (a 4°C/min). As condições de análise empregadas no espectrômetro de massas (Shimadzu, GCMS-QP2010 Ultra) foram: as temperaturas da interface e da fonte de íons foram mantidas a 260°C e a 230°C, respectivamente; varredura de *m/z* na faixa de 35–500 amu em uma frequência de aquisição de dados de 0,30 *scan/s*. Os voláteis foram identificados pelo espectrômetro de massas *single quadrupole* com ionização por impacto eletrônico (EI) gerado a 70 eV no modo de aquisição por varredura.

A identificação de componentes individuais foi realizada usando seus índices de retenção relativa e por comparação dos espectros de massas com a biblioteca de moléculas disponível. Os dados obtidos foram processados utilizando o software GCMS Postrun Analysis Versão 4.11. Os componentes do óleo foram identificados pela comparação de seus espectros de massa com os da biblioteca Wiley 9 (Palisade Corporation, Newfield, NY). O índice de retenção foi

obtido de acordo com o método de van den Dool e Kratz para padrões de n-alcenos C7-C30 (Supelco Analytical). A identificação dos compostos baseada na comparação dos índices de retenção obtidos experimentalmente foi procedida através de comparação com os índices de retenção disponíveis na literatura (ADAMS, 2007).

Ao final do experimento, as plantas que foram submetidas a duas coletas (aos 50 e 110 DAP) tiveram a produção de massa fresca e seca de folhas, teor e rendimento de óleo essencial somados, obtendo-se assim o acumulado das duas coletas. E esses resultados foram então comparados com os obtidos quando se realizou apenas uma coleta aos 150 DAP.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e em seguida as diferenças entre as médias das variáveis quantitativas foram avaliadas por regressão polinomial, a 5 % de probabilidade do erro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis de massa fresca e massa seca de folhas, de acordo com a análise de variância, houve interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre as condutividades elétricas (CE) da solução nutritiva com os diferentes intervalos de coleta e com o número de coletas.

Na figura 1 A, observa-se que quando as folhas foram coletadas aos 50 DAP, a CE não influenciou na produção de massa fresca de folhas, uma vez que, para as diferentes condutividades essa variável não teve diferença significativa, alcançando uma média de 57,66 g planta<sup>-1</sup> de folhas, a qual representou aproximadamente 75 % da massa fresca total da parte aérea da planta. As plantas coletadas nesse período atingiram menor produção em comparação com as que foram coletadas aos 100 e 150 DAP. Aos 100 DAP a máxima produção de massa fresca de folhas foi de 252,00 g planta<sup>-1</sup> com CE de 2,60 dS m<sup>-1</sup>. Essa produção equivaleu a 70 % da massa fresca total da parte aérea da planta. Para as folhas coletadas aos 150 DAP, houve um decréscimo linear, no qual, à medida que a CE aumentou a produção de massa fresca de folhas diminuiu. Esse decréscimo foi de aproximadamente 55 %, comparando as plantas que foram cultivadas com condutividade de 1,0 dS m<sup>-1</sup> com as de 5,0 dS m<sup>-1</sup>, alcançando valores de 304,00 g planta<sup>-1</sup> de folhas (62 % da massa fresca total da parte aérea da planta) e 134,00 g planta<sup>-1</sup> de folhas (65 % da massa fresca total da parte aérea da planta) de massa fresca, respectivamente.

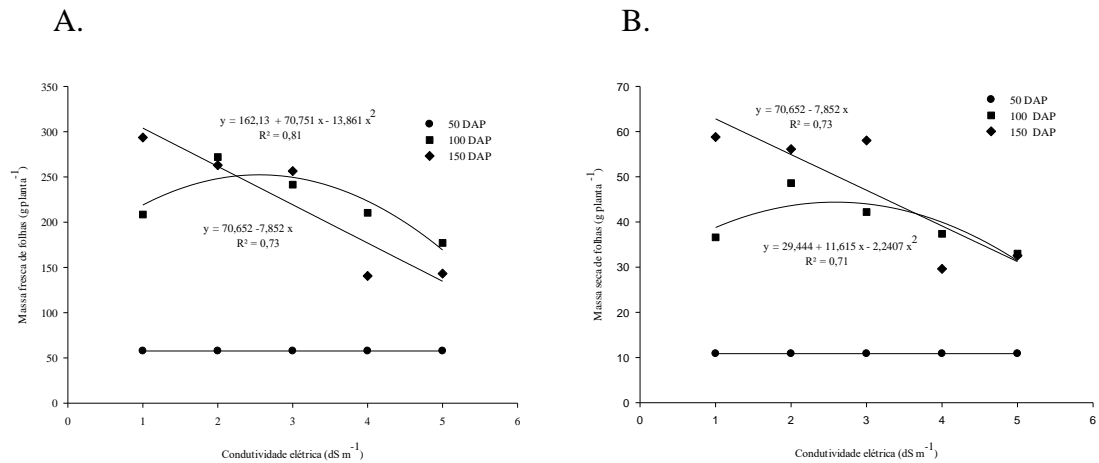


Figura 1- Massa fresca (A) e seca de folhas (B) de plantas de *Salvia officinalis* cultivadas com diferentes concentrações da solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 dS m<sup>-1</sup>) coletadas aos 50 DAP, 100 DAP, 150 DAP. DAP= dias após o plantio. Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Figure 1- Fresh (A) and dry mass of *Salvia officinalis* plants (B) cultivated with different concentrations of nutrient solution (1.0; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0 dS m<sup>-1</sup>) harvested at 50 DAP, 100 DAP, 150 DAP. DBH = days after planting. Santa Maria, RS, Brazil, Federal University of Santa Maria (UFSM).

Quanto à produção de massa seca de folhas (figura 1 B.), o efeito da condutividade foi similar àquele na massa fresca. As plantas que foram coletadas aos 50 DAP não diferiram significativamente quando submetidas às distintas condutividades, obtendo-se média de 10,85 g planta<sup>-1</sup>. Nas plantas coletadas aos 100 DAP, a produção máxima também foi alcançada com uma CE de 2,6 dS m<sup>-1</sup> com valor de 44,5 g planta<sup>-1</sup> de massa seca de folhas. No entanto, para as plantas em que foi realizada apenas uma coleta aos 150 dias a maior produção foi obtida quando a CE foi mantida em 1,0 dS m<sup>-1</sup> (61,64 g planta<sup>-1</sup>), sendo superior em aproximadamente 50 % da produção obtida naquelas cultivadas com condutividade de 5,0 dS m<sup>-1</sup> (31,39 g planta<sup>-1</sup>).

Os resultados apresentados indicam que o crescimento da planta de sálvia foi afetado também pelo período em que as plantas ficaram submetidas a CEs elevadas. As plantas coletadas aos 50 DAP foram fertirrigadas com soluções que apresentaram altas CEs por aproximadamente 35 dias, tendo em vista que até os 15 DAP as plantas de todos os tratamentos foram cultivadas com solução padrão com condutividade de 1,0 dS m<sup>-1</sup>. Somente após esse período é que foram fornecidas as soluções com CEs mais elevadas. Além disso, como no início do cultivo as temperaturas foram mais amenas (inverno/primavera), o efeito da condutividade pode ter sido menor devido à menor transpiração das plantas.

Esses resultados foram semelhantes ao encontrado por Pinheiro (2016), no qual estudando a influência de diferentes períodos (0, 20, 30, 40 e 50 dias) de salinidade (CE de 5,0 dS m<sup>-1</sup>) no crescimento de plantas de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) cultivadas em sistema de cultivo sem solo e em condições climáticas similares ao experimento atual, observou que não houve

diferença significativa entre os tratamentos. Plantas cultivadas com condutividade elétrica de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  durante 50 dias apresentaram, em média a mesma produção de massa seca daquelas que foram cultivadas com CE de  $1,0 \text{ dSm}^{-1}$ , atingindo  $54 \text{ g planta}^{-1}$ .

Tounekti & Khemira (2015), também encontraram resultados semelhantes, os quais avaliando a espécie da *Salvia officinalis* durante quatro semanas sob diferentes concentrações de NaCl (0, 50, 75 e 100 mM), observaram que as plantas até os 40 dias de cultivo não variaram sua massa seca com os distintos tratamentos. Nos resultados atuais o efeito é atribuído somente à CE, pois não houve o efeito de íons tóxicos como o Na e o Cl.

Os resultados indicam que quanto maior o tempo de cultivo com altas CEs menor é o crescimento da sálvia. Quando foi realizada a coleta aos 100 DAP o crescimento máximo foi alcançado quando a CE da solução nutritiva foi de  $2,6 \text{ dS m}^{-1}$ , apresentando uma redução a partir desta CE. No entanto, para aquelas plantas que foram cultivadas até os 150 DAP, é mais indicado que a CE seja mantida em  $1,0 \text{ dS m}^{-1}$ , pois acima desse valor, há uma redução na produção. As plantas de sálvia, segundo o critério utilizado por Soares Filho et al. (2016), podem ser consideradas moderadamente sensíveis à salinidade, tendo em vista que houve uma redução de aproximadamente 50 %, na produção de massa seca, quando comparadas às plantas testemunhas. Para a cultura, o crescimento e a produção podem ser afetados negativamente quando a condutividade elétrica da solução nutritiva é superior a  $5 \text{ dS m}^{-1}$ ,

Em plantas de *Lippia gracilis* Schauer, espécie rica em óleos essenciais, submetidas a estresse por NaCl (5 mM; 50 mM; 75 mM; e 100 mM) por 40 dias, Ragagnin et al. (2014) observaram que o NaCl, em todas as concentrações, reduziu a taxa de crescimento relativo em comparação com a testemunha. Os autores atribuíram tal resultado às alterações causadas pelo estresse salino em alguns mecanismos fisiológicos da planta, como absorção de água, fechamento estomático e fotossíntese.

Com relação ao número das coletas, os resultados indicaram que as plantas só suportam o corte da parte aérea quando realizada aos 50 DAP. Aos 100 DAP houve morte das plantas, sendo possível realizar no máximo duas coletas em uma mesma planta, a primeira aos 50 DAP seguida de outra aos 110 DAP. De acordo com o observado pode-se inferir, ainda, que o rebrote foi afetado pela condutividade elétrica. Nas plantas que foram coletadas ao 50 DAP e cultivadas com CE de  $1,0$  até  $4,0 \text{ dS m}^{-1}$  houve 100 % de rebrote. No entanto, para aquelas que foram cultivadas com CE de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$  apenas 30 % rebrotaram. Já naquelas coletadas aos 100 DAP a taxa de mortalidade foi de 100% para todos os tratamentos.

A rebrota depende principalmente da quantidade de assimilados estocados no caule remanescente e no sistema radicular. Por exemplos, espécies forrageiras que são submetidas a cortes frequentes durante o seu ciclo necessitam, para a emissão de novas folhas, da disponibilidade e capacidade de translocação de fotoassimilados e nutrientes que estão armazenados no colmo e na raiz (Aranjuelo et al., 2015; Molero et al., 2018). Os níveis de hormônios de crescimento também influenciam na rebrota. A auxina, por exemplo, é encontrada principalmente nos meristemas apicais. No entanto, ao realizar o corte do ápice caulinar, as gemas laterais, até então dormentes, precisam reativar seu crescimento para a emissão de ramos laterais. Sendo esse processo afetado pela idade fisiológica dos meristemas. (Taiz & Zeiger, 2013; Balla, 2016).

Yokota et al. (2017) avaliando a produção de manjerição em duas alturas de corte (4° e 8° nó) e duas densidades de plantas (uma e duas plantas por vaso), observaram que não houve diferença significativa para as diferentes densidades. No entanto, quando o corte foi realizado na altura do 8° nó o número de brotações foi superior em aproximadamente 40 % daquele obtido quando o corte foi realizado no 4° nó. Os autores atribuíram tais resultados às reservas de carboidratos, uma vez que, após o corte, o retorno do crescimento depende dessas reservas, e que quando o corte é feito mais baixo a recuperação é mais lenta.

À medida que avança o crescimento e o desenvolvimento da planta as gemas mais velhas das hastes passam a sofrer dominância apical das gemas mais novas localizadas nos ápices caulinares (Balla et al., 2016). Ao efetuar a coleta, as gemas mais velhas podem estar dormentes ou inativas, dificultando ou impedindo o rebrote. Dessa forma, pode-se inferir que em plantas mais velhas seja necessário adaptar a altura de corte das hastes, de forma a deixar gemas axilares mais novas para o possível rebrote. No entanto, para uma definição precisa da altura de corte são necessárias pesquisas mais detalhadas.

A produção máxima acumulada de massa fresca de folhas (figura 2 A.) foi semelhante com uma e duas coletas, mas foi afetada pela condutividade elétrica. Os valores obtidos foram de 304 g planta<sup>-1</sup> quando a CE foi de 1,0 dS m<sup>-1</sup> (uma coleta) e de 307 g planta<sup>-1</sup> quando a CE foi mantida 2,6 dS m<sup>-1</sup> (duas coletas).

Quanto à produção de massa seca acumulada de folhas (figura 2 B.), quando foi realizada uma coleta a máxima produção foi de 63 g planta<sup>-1</sup>, sendo, por sua vez, superior à máxima produção alcançada quando se realizou duas coletas na qual se obteve 52,81 g planta<sup>-1</sup> de massa seca de folhas. As CEs que proporcionaram esses resultados foram de 1,0 dS m<sup>-1</sup> e de 2,6 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente, ou seja, as mesmas para a massa fresca.

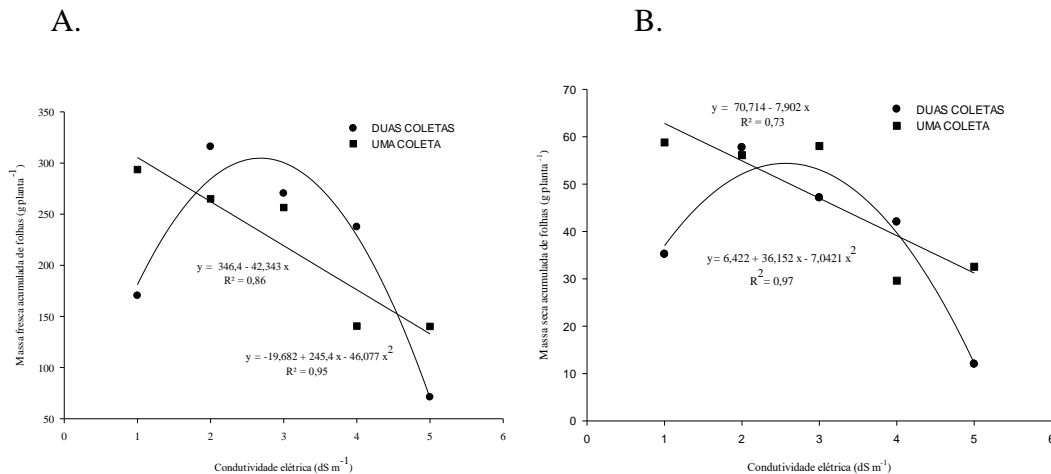


Figura 2: Massa fresca (A) e seca (B) acumulada de folhas de *Salvia officinalis* cultivadas com diferentes concentrações de solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 dS m<sup>-1</sup>) e submetidas a duas coletas (sendo a primeira aos 50 DAP e a segunda aos 110 DAP); e uma coleta aos 150 DAP durante o período experimental. Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Figure 2: Accumulated fresh (A) and dry (B) mass of *Salvia officinalis* leaves cultivated with different nutrient solution concentrations (1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 dS m<sup>-1</sup>) and submitted to two harvests (the first at 50 DAP and the second at 110 DAP); and one harvest at 150 DAP during the experimental period. Santa Maria, RS, Brazil, Federal University of Santa Maria (UFSM).

A realização de um ou dois cortes afetou a produção acumulada de massa fresca e seca, as quais foram afetadas pela CE. As plantas que foram coletadas duas vezes durante o período experimental alcançaram a produção máxima quando a condutividade foi mantida em 2,6 dS m<sup>-1</sup>, enquanto aquelas que foram coletadas apenas uma vez atingiram a produção máxima com a CE de 1,0 dS m<sup>-1</sup>. Esses resultados podem ser atribuídos à idade fisiológica da área foliar da planta. Nas plantas com duas coletas a idade fisiológica média foi mais baixa e provavelmente menor a competição pela radiação solar no interior do dossel das plantas. Isso significa mais folhas em crescimento ao mesmo tempo, com reflexos na demanda por nutrientes. Nas plantas coletadas apenas uma vez a idade fisiológica média da área foliar foi mais elevada, havendo um número maior de folhas velhas ou senescentes, com baixa atividade fisiológica e, conseqüentemente, menor demanda por nutrientes. Nessas plantas a fração da radiação solar interceptada nas folhas basais pode também ser mais baixa, devido ao sombreamento pelas folhas novas (Niinemets, 2016).

Quanto ao teor de óleo essencial (tabela 2) não houve interação significativa entre os fatores, diferindo apenas para as épocas de coletas, no qual apresentou teor máximo de óleo essencial quando a coleta foi realizada aos 100 e 150 DAP (0,37 e 0,34 %, respectivamente).

Para o rendimento do óleo essencial houve interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre as distintas CEs da solução nutritiva com os diferentes intervalos de coleta (figura 3). O rendimento de óleo das plantas coletadas aos 100 e 150 DAP decresceu linearmente com o aumento da CE. Quando as plantas foram coletadas aos 50 DAP o rendimento de óleo essencial foi de aproximadamente

0,17 mL planta<sup>-1</sup>, independente da CE da solução. Esse valor representa em média 24 % e 20 % do rendimento de óleo essencial obtido nas plantas que foram coletadas aos 100 DAP (0,73 mL planta<sup>-1</sup>) e 150 DAP (0,85 mL planta<sup>-1</sup>), respectivamente. Os resultados para o rendimento do óleo essencial obtido aos 50 DAP podem ter sido influenciados pela baixa produção de massa fresca das plantas coletadas nesse período, uma vez que comparada às demais a produção representou aproximadamente 22 % e 19 % da massa fresca obtida aos 100 e 150 DAP, respectivamente. O rendimento máximo (0,85 g planta<sup>-1</sup>) foi obtido em plantas coletadas aos 150 DAP na CE de 1,0 dS m<sup>-1</sup> (figura 3 A.).

Tabela 2: Teor de óleo essencial de plantas de *Salvia officinalis* coletadas aos 50 DAP, 100 DAP, 150 DAP. DAP= dias após o plantio. Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Table 2: Essential oil content of *Salvia officinalis* plants harvested at 50 DAP, 100 DAP, 150 DAP. DBH = days after planting Santa Maria, RS, Brazil, Federal University of Santa Maria (UFSM).

Períodos de coleta	Teor de óleo essencial (%)
50 DAP	0,26 B
100 DAP	0,37 A
150 DAP	0,34 A

Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Skott-Knot a 5 % de probabilidade de erro. Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Means followed by the same letter do not differ statistically by the Skott-Knot test at 5% probability of error. Santa Maria, RS, Brazil, Federal University of Santa Maria (UFSM).

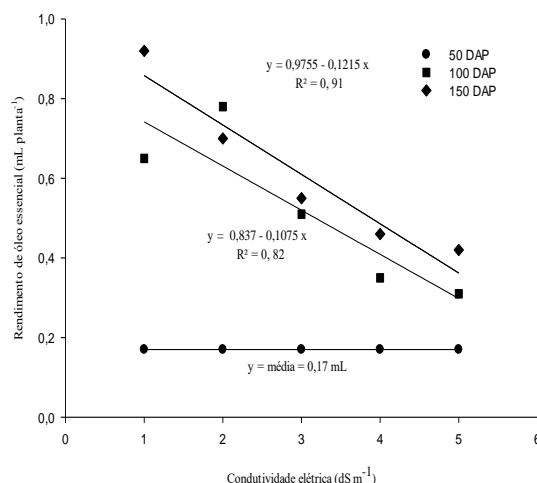


Figura 3: Rendimento de óleo essencial de *Salvia officinalis* cultivadas com diferentes concentrações de solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 dS m<sup>-1</sup>) e coletadas aos 50 DAP, 100 DAP, 150 DAP. DAP= dias após o plantio. Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Figure 3: Essential oil yield of *Salvia officinalis* cultivated with different nutrient solution concentrations (1,0, 2,0, 3,0, 4,0, 5,0 dS m<sup>-1</sup>) and collected at 50 DAP, 100 DAP, 150 DAP. DBH = days after planting. Santa Maria, RS, Brazil, Federal University of Santa Maria (UFSM).

Para o teor acumulado de óleo essencial (tabela 3) houve diferença significativa apenas para o número de coletas, no qual realizando duas coletas foi alcançado o teor máximo de 0,62 %.

Em contrapartida para o rendimento acumulado de óleo (figura 4) não houve diferença significativa quando realizada uma ou duas coletas, havendo apenas diferença por efeito da CE da solução nutritiva, ou seja, ao somar o rendimento das duas coletas obtendo-se o acumulado, esse se equipareu aos rendimentos obtidos com apenas uma coleta aos 150 DAP. Entretanto, para as distintas concentrações de solução houve diferença significativa, na qual a de 1,0 dS m<sup>-1</sup> proporcionou maior rendimento de óleo essencial (0,85 mL planta<sup>-1</sup>) enquanto, que a CE de 5,0 dSm<sup>-1</sup> resultou no menor rendimento de óleo.

Tabela 3: Teor acumulado de óleo essencial de plantas de *Salvia officinalis* submetidas a uma e duas coletas durante o período experimental. Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Table 3: Accumulated essential oil content of *Salvia officinalis* plants submitted to one and two harvests during the experimental period. Santa Maria, RS, Brazil, Federal University of Santa Maria (UFSM).

Número de coletas	Teor de óleo essencial (%)
1	0,33 B
2	0,62 A

Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Skott-Knot a 5 % de probabilidade de erro. Santa Maria, RS, Brasil. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Means followed by the same letter do not differ statistically by the Skott-Knot test at 5% probability of error. Santa Maria, RS, Brazil, Federal University of Santa Maria (UFSM).

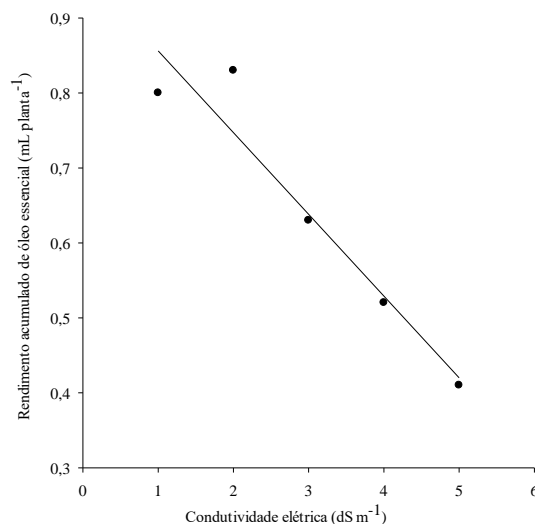


Figura 4: Rendimento acumulado de óleo essencial de *Salvia officinalis* cultivadas com diferentes concentrações de solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 dS m<sup>-1</sup>) e coletadas aos 50 DAP, 100 DAP, 150 DAP. DAP= dias após o plantio Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Santa Maria, RS, Brasil, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Figure 4: Accumulated essential oil yield of *Salvia officinalis* cultivated with different nutrient solution concentrations (1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0 dS m<sup>-1</sup>) and collected at 50 DAP, 100 DAP, 150 DAP. DBH = days after planting Santa Maria, RS, Brazil, Federal University of Santa Maria (UFSM).

Alves et al. (2015) analisando a influência do estresse salino, por NaCl (0,01; 1,2; 2,3; 3,4 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>) no rendimento de óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum*), espécie



pertencente à mesma família da *S. officinalis* observaram a mesma tendência, ou seja, à medida que aumentou a salinidade o rendimento do óleo foi decrescendo.

Esses resultados podem estar relacionados ao fato de que quando a planta está sob condições de salinidade alguns mecanismos fisiológicos são afetados como a redução da área foliar que afeta o crescimento e, conseqüentemente, o rendimento do óleo essencial, além de causar alteração no metabolismo primário, devido principalmente à redução na fotossíntese e no crescimento.

A partir do momento que altera o metabolismo primário, a produção de metabólitos secundários poderá ser afetada, tendo em vista que os metabólitos primários são precursores para a produção de metabólitos secundários. Por exemplo, os óleos essenciais são constituídos, principalmente, de terpenos que são formados por unidades ativas básicas chamadas de IPP (isopentenil difosfato). Esse IPP, por sua vez, pode ser sintetizado por duas rotas, sendo uma delas a do MEP (metileritritol fosfato), a qual a partir da glicose forma dois intermediários o 1-desóxi-D-xilulose e 2- metileritritol fosfato, que em última instância irão formar o IPP (Simões et al., 2017). Sendo assim, à medida que a fotossíntese é afetada, a produção de glicose é reduzida. Como a glicose é precursora para a formação de terpenos, o rendimento do óleo essencial conseqüentemente poderá ser menor.

Quanto à composição química do óleo essencial (tabela 4) foram encontrados, uma média de 60 compostos nas plantas em todos os tratamentos. Dentre esses compostos nove representaram mais de 60 % da quantidade total de óleo essencial: borneol, cânfora, cafeno, cariofileno, epimanol, tujona, viridiflorol, 1,8 cineol e  $\alpha$ -humuleno. Contudo, a cânfora e tujona foram os que apresentaram maiores teores, corroborando com os resultados de outros autores (Grdisa et al., 2015; Sabry et al., 2016) ao avaliarem a composição química do óleo essencial da sálvia. As concentrações desses dois compostos variaram entre 12,01 a 28,64 % e 15,12 a 29,68 %, respectivamente. Cabe ressaltar que apesar do óleo essencial da *Salvia officinalis* ser constituído por vários compostos, a predominância da cânfora e tujona é um dos parâmetros utilizados para diferenciar essa espécie das demais do gênero *Salvia* (Grdisa et al., 2015).

Lakušić et al. (2013) avaliando a composição química do óleo essencial de *Salvia officinalis* em duas regiões diferentes (Belgrado na Sérvia e Učka na Croácia), bem como a interferência do estágio de desenvolvimento das plantas nos teores dos componentes do óleo obtiveram resultados semelhantes ao do presente estudo. Foram observados maiores teores de cânfora em folhas mais velhas e teores de  $\alpha$ -humuleno superiores em folhas mais jovens. No entanto, no

mesmo trabalho, o teor máximo de  $\alpha$ -humuleno foi 33,3 %, ou seja, 26,54 % a mais do que o encontrado no presente trabalho (6,76%). Para a cânfora o teor máximo foi semelhante para os dois trabalhos, sendo que para aquele foi de 30,6% e para este de 28,65%. Essa diferença em relação ao teor de  $\alpha$ -humuleno pode estar diretamente relacionada a fatores ambientais, uma vez que as condições climáticas nos dois experimentos são diferentes, bem como a fatores genéticos e às técnicas de manejo utilizadas durante o cultivo.

Tabela 4. Principais compostos do óleo essencial de *Salvia. officinalis* coletadas aos 50, 100, 110 (segundo intervalo) e 150 DAP, cultivadas em diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0;5,0 dSm<sup>-1</sup>).

Table 4- Main essential oil compounds of *S. officinalis* harvested at 50, 100, 110 (second interval) and 150 DAP, cultivated in different electrical conductivities of nutrient solution (1.0; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0 dSm<sup>-1</sup>).

Compostos (%)	Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )				
	1	2	3	4	5
<b>50 DAP</b>					
Borneol	1,86	3,96	3,12	2,24	2,45
Cânfora	18,05	24,53	22,79	23,22	17,53
Canfeno	3,28	5,86	4,74	5,14	4,49
Cariofileno	4,26	3,53	3,65	2,96	2,61
Epimanool	14,28	9,26	10,37	10,28	8,91
Tujona	27,31	18,91	16,45	21,27	29,68
Viridiflorol	5,89	5,52	7,11	6,64	6,45
1,8 cineol	6,03	6,65	8,55	6,33	6,62
$\alpha$ -humuleno	6,76	5,53	5,36	5,34	5,39
<b>Total (%)</b>	<b>87,72</b>	<b>83,75</b>	<b>82,14</b>	<b>83,42</b>	<b>84,13</b>
<b>100 DAP</b>					
Borneol	4,09	2,59	2,21	3,15	2,04
Cânfora	26,29	28,64	20,88	23,25	24,67
Canfeno	6,29	6,47	4,61	7,47	6,37
Cariofileno	2,52	1,79	1,98	2,09	2,10
Epimanool	5,77	7,77	6,62	7,20	6,44
Tujona	21,29	19,02	20,97	21,76	25,86
Viridiflorol	6,31	5,78	4,65	6,02	5,03
1,8 cineol	4,87	7,94	4,47	6,40	7,73
$\alpha$ -humuleno	5,42	4,07	4,14	3,34	2,47
<b>Total (%)</b>	<b>82,85</b>	<b>84,07</b>	<b>70,53</b>	<b>80,68</b>	<b>82,71</b>
<b>150 DAP</b>					
Borneol	3,47	3,56	2,44	3,65	2,97
Cânfora	25,97	28,65	27,04	26,76	21,61
Canfeno	7,33	7,48	7,06	7,46	4,49
Cariofileno	1,92	2,31	1,98	1,70	1,57
Epimanool	5,26	5,95	6,57	8,63	8,36
Tujona	20,39	18,79	20,10	16,47	26,32
Viridiflorol	4,85	5,66	5,88	4,87	5,49
1,8 cineol	5,67	6,04	6,62	8,84	6,01
$\alpha$ -humuleno	3,34	3,77	4,19	3,09	3,26
<b>Total (%)</b>	<b>78,2</b>	<b>82,21</b>	<b>81,88</b>	<b>81,47</b>	<b>80,08</b>

	110 DAP (segundo intervalo)				
Borneol	0,04	4,82	3,28	3,71	1,44
Cânfora	23,55	23,20	22,55	26,31	12,01
Cafeno	7,49	7,34	7,41	8,70	4,48
Cariofileno	3,37	3,15	2,31	-	3,43
Epimanool	6,49	5,43	5,60	6,44	8,70
Tujona	18,54	21,91	17,19	15,12	15,71
Viridiflorol	4,80	4,30	4,78	5,30	6,39
1,8 cineol	5,96	6,92	8,49	6,93	8,66
$\alpha$ -humuleno	3,63	5,53	2,89	3,30	3,78
<b>Total (%)</b>	<b>73,87</b>	<b>82,6</b>	<b>74,50</b>	<b>75,81</b>	<b>64,60</b>

Algumas pesquisas apontam que as propriedades medicinais dos óleos essenciais são devidas às interações dos compostos produzidos pelo metabolismo secundário. Segundo estudos realizados por Ehrnhöfer-Ressler et al. (2013) os compostos voláteis como tujona, cânfora, 1,8 cineol e o borneol são eficientes na ação anti-inflamatória em fibroblastos gengivais humanos. Delamare et al. (2007) testando a atividade do óleo essencial de *Salvia officinalis* sobre *Bacillus cereus*, *Bacillus megatherium*, *Bacillus subtilis*, *Aeromonas hydrophila*, *Aeromonas sobria* e *Klebsiella oxytoca*, obtiveram resultados satisfatórios, conferindo a esse óleo, cujos principais compostos foram a cânfora, tujona 1,8-cineol, borneol e  $\beta$ -pinene, ação bacteriostática e bactericida.

Os resultados indicam que o cultivo em ambiente protegido sem solo pode ser uma alternativa para o cultivo da *Salvia officinalis* com fins de extração comercial do óleo essencial na região central do Sul do Brasil, apresentando a cânfora e tujona como os compostos majoritários.

A coleta pode ser realizada uma única vez aos 150 DAP ou ainda duas vezes na mesma planta, sendo a primeira a partir dos 50 DAP e a segunda a partir dos 110 DAP. O diferimento do período de coleta pode facilitar o estabelecimento de cronogramas de produção para fins comerciais. No entanto, para ambos os casos a CE da solução nutritiva deve ser mantida em 1,0 dS m<sup>-1</sup> para alcançar um maior rendimento de óleo essencial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adams, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry, 4, 401, 2007.
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728. 2014. 13 Nov. 2018. 10.1127/0941-2948/2013/0507.

Alves, L. S.; Paz, V. P. S.; Silva, A. J. P.; Oliveira, G. X. S.; Oliveira, F. E. R.; Amorim, E. L. Teor, rendimento e composição química do óleo essencial de plantas de manjeriço submetidas ao estresse salino com NaCl. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, v.17, n.4, p.807-813, 2015.

Andriolo, J.L. *Olericultura Geral*. Santa Maria: UFSM, 2017. 93p.

Aranjuelo, O.; Morelo, G.; Ericed, G.; Aldasoro, J.; Igor-arrese, C.; Nogués, S.; Effect of shoot removal on remobilization of carbon and nitrogen during regrowth of nitrogen-fixing alfalfa. *Physiologia Plantarum* v. 153, p. 91-104. 2015. <https://doi.org/10.1111/ppl.12222>. 06 Dez. 2018.

Aziz, E.E.; Sabry, R. M.; Ahmed, S.S. Plant Growth and Essential Oil Production of Sage (*Salvia officinalis* L.) and Curly-Leafed Parsley (*Petroselinum crispum* ssp. *crispum* L.) Cultivated under Salt Stress Conditions. *Word Applied Sciences Jornal*, v.28, n.6, p.785-796, 2013. 10.5829/idosi.wasj.2013.28.06.13846. 15 Dez. 2018..

Balla, J.; Medvedová, Z.; Kalousek, P.; Matiješuková, N.; Friml.; Reinöhl.V.; Procházka, S. Auxin flow-mediated competition between axillary buds to restore apical dominance. *Scientific Reports*. v.6, n.35955, 2016. <https://www.nature.com/articles/srep35955>. 05 Dez. 2018..

Biasi, L.A.; Deschamps, C. *Plantas aromáticas do cultivo à produção de óleo essencial*. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora, 2009, 159p.

Delamare, A. P.; Pistorello, I. T. M.; Artico, L.; Serafini, L. A.; Echeverrigaray, S. Antibacterial activity of essential oils of *Salvia officinalis* L. and *Salvia triloba* L. cultivated in South Brazil. *Food Chemistry*, v. 100, n. 2, p.603-608, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.078>. 15 Dez. 2018..

Ehrnhofer-ressler, M.M.; Fricke, K.; Pignitter, M.; Walker, J.M.; Walker, J.; Rychlik, M.; Somoza, V. Identification of 1,8-Cineole, Borneol, Camphor, and Thujone as Anti-inflammatory Compounds in a *Salvia officinalis* L. Infusion Using Human Gingival Fibroblasts. *Journal Agricultural and Food Chemistry*. v.61, n.14, p.3451-3459, 2013. doi10.1021/jf305472t. 15. Dez. 2018.

Frescura, V. D. ; Boligon, A. A. ; Barbosa, F. M. ; Souza, J. M. ; Lerner, M. A. ; Laughinghouse H.D. ; Silva, C. B. ; Andriolo, J. L. ; Lopes, S. J. ; Tedesco, S. B. Nutrient solution concentration and collection time in phytomass production, content, yield and chemical composition of essential oil of rosemary. *Journal of plant nutrition*. v. 41, n. 10, p.1-10, 2018. <http://doi.org/10.1080/01904167.2018.1450420>\_15 Dez. 2018.

Grdisa, M.; Jug-dujakovic, M.; Loncaric, M.; Carovic-stanko, K.; Nincevi, T.; Liber, Z.; Radosavljevic, I. Satovic, Z. Dalmatian sage (*Salvia officinalis* L.) a review of biochemical contents, medical properties and genetic diversity. *Agriculturae Conspectus Scienti*, v. 80, n. 2, p.69-78,2015. [https://www.researchgate.net/publication/292293630\\_Dalmatian\\_Sage\\_Salvia\\_officinalis\\_L\\_A\\_Review\\_of\\_Biochemical\\_Contents\\_Medical\\_Properties\\_and\\_Genetic\\_Diversity](https://www.researchgate.net/publication/292293630_Dalmatian_Sage_Salvia_officinalis_L_A_Review_of_Biochemical_Contents_Medical_Properties_and_Genetic_Diversity). 10 Dez. 2018.

Lakušić, B. S. Ristić, M. S.; Slavkovska, V.N.; Stojanovic, D. LJ.; Lakusic, D. V.; Variations in essential oil yields and compositions of *Salvia officinalis* (Lamiaceae) at different developmental stages. *Botanica Serbica*, v.37, n.2, p.127-139, 2013. [https://www.researchgate.net/publication/263709991\\_Variations\\_in\\_essential\\_oil\\_yields\\_and\\_compositions\\_of\\_Salvia\\_officinalis\\_Lamiaceae\\_at\\_different\\_developmental\\_stages](https://www.researchgate.net/publication/263709991_Variations_in_essential_oil_yields_and_compositions_of_Salvia_officinalis_Lamiaceae_at_different_developmental_stages). 15 Dez. 2018.

Meira, M.R.; Melo, M. T. P.; Martins, E. E.; Pinto, M. J. 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. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33126308004>. 15 Dez. 2018

Molero, G.; Tcherkez, G.; Roca, R.; Mauve, C.; Cabrera-bosquet, L.; Araus, J. L.; Nogués, S.; Aranjuelo, I. Do metabolic changes underpin physiological responses to water limitation in alfalfa (*Medicago sativa*) plants during a regrowth período. *Agricultural Water Management*. v.212, n.2019, p.1-11, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08021>. 06 Dez. 2018.

Morais, L.A.S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. *Horticultura Brasileira*, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, 2009.

Niinemets, U.; Leaf age dependent changes in within-canopy variation in leaf functional traits: a meta-analysis. *Journal of Plant Research*. v.129, n.3, p.313-333, 2016. <http://dx.doi.org/10.1007/s10265-016-0815-2>. 06 Dez. 2018.

Ragagnin, R.C.G.; Albuquerque, C.C; Oliveira, F.F.M; Santos, R.G.; Gurgel, E.P.; Diniz, J.C.; Rocha, S.A.S.; Viana, F.A. Effect of salt stress on the growth of *Lippia gracilis* Schauer and on the quality of its essential oil. *Acta Bot. Bras.* vol.28, n.3, p.346-351, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-33062014abb3369>. 07 Dez. 2018.

Ribeiro, G.F; Diniz, R.C. Plantas aromáticas e medicinais: cultivo e utilização. Londrina: IAPAR. 2008. 218p.

Simões, C.M.O.; Schenkel, E.P.; Mello, J.C.P.; Ments, L.A.; Petrovick, P.R. Farmacognosia do produto natural ao medicamento. Porto Alegre: Artmed. 2017. 463p.

Soares filho, W.S.; Gheyi, H. R.; Brito, M.E.B.; Nobre, R.G.; Fernandes, P. D.; Miranda, R. S. Melhoramento genético e seleção de cultivares tolerantes à salinidade. In: Gheyu, H.R.; Dias, N.S.; Lacerda, C. F.; Gomes filho, E. Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados. Fortaleza-CE: INCTSal, 2016, p. 259-275.

Taiz, L.; Zeiger, E. 2013. Fisiologia Vegetal. Porto Alegre: Artmed. 918 p.

Tounekti, T ; Khemira, H. NaCl stress-induced changes in the essential oil quality and abietane diterpene yield and composition in common sage. *Journal Intercult Ethnopharmacol.* v.4, n.3, p.208-216. 2015. <http://dx.doi.org/10.5455/jice.20150405064135>. 07 Dez. 2018.

Pinheiro, S.M.G, Crescimento, composição fitoquímica e efeito genotóxico do óleo essencial em alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) sob diferentes períodos de salinidade. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2016. 52 p. Dissertação Mestrado.

Sabry, R.M.; Kandil, M.A.M.; Ahmed, S.S. Growth and Quality of Sage (*Salvia officinalis*), Parsley (*Petroselinum crispum*) and Nasturtium (*Tropaeolum majus*) as affected by water deficit. *Middle East Journal of Agriculture.* v.5, n.3, p.286-294, 2016. <<http://www.curreweb.com/mejar/mejar/2016/286-294.pdf>>\_02 Dez. 2018.

Yokota, L. H. T.; Silva, A. L.; Souza, J. R.P. Densidade de plantas e altura de corte influenciando a produção de manjeriço em vasos. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia,* n.31, p.1-6, 2017. [http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/FT3uGSG4hahUSZK\\_2018-1-25-14-45-21.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/FT3uGSG4hahUSZK_2018-1-25-14-45-21.pdf). 04 Dez. 2018.

## ARTIGO 2

### PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE *SALVIA OFFICINALIS* L. EM DIFERENTES COMPOSIÇÕES DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS

#### RESUMO

O óleo essencial de sálvia, por suas propriedades terapêuticas, desperta o interesse de diversos setores da indústria, no entanto os estudos direcionados para a produção da matéria prima utilizada para extração do óleo ainda são escassos. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes composições de soluções nutritivas na produção de massa fresca e seca, rendimento, teor e composição química do óleo essencial de *Salvia officinalis* L. O trabalho foi realizado no Departamento de Fitotecnia da UFSM. O cultivo da espécie foi conduzido em ambiente protegido sem solo, entre os períodos de setembro de 2017 a janeiro de 2018. Foram testadas cinco composições de soluções nutritivas, com variação nas concentrações dos nutrientes (testemunha = (N)<sub>b</sub> – (K)<sub>b</sub>(Ca +Mg)<sub>b</sub>; S1 = (N)<sub>a</sub> – (K)<sub>a</sub>(Ca + Mg)<sub>b</sub>; S2 = (N)<sub>a</sub> – (K)<sub>a</sub>(Ca + Mg)<sub>b</sub>; S3= (N)<sub>b</sub> – (K)<sub>a</sub>(Ca + Mg)<sub>b</sub>; S4= (N)<sub>b</sub> – (K)<sub>b</sub>(Ca + Mg)<sub>a</sub>), e dois intervalos de coleta (98 e 130 DAP). O óleo essencial foi extraído por hidrodestilação em aparelho de clewenger. Para as variáveis analisadas (massa seca e fresca de folhas, rendimento e teor do óleo essencial) os melhores resultados foram obtidos quando a coleta foi realizada aos 130 DAP e com solução nutritiva com menores concentrações de N (9,20 a 9,30 mmol L<sup>-1</sup>) associadas à relação catiônica baixa (0,30) ou próxima a 1,00. Os principais compostos encontrados no óleo essencial para essas condições foram a cânfora (23,27-24,91 %), tujona (24,17- 31,1%) e 1,8 cineol (10,51- 11,11%).

Palavras-chave: Nutrição mineral, Metabolismo secundário, Lamiaceae, Cultivo sem solo.

## ABSTRACT

The salvia essential oil, due to its therapeutic properties, arouses the interest of several sectors of the industry, however the studies directed to the production of the raw material still used for oil extraction are still scarce. The objective of this work was to evaluate the influence of different nutrient solution compositions on fresh and dry mass production, yield, content and chemical composition of *Salvia officinalis* L essential oil. The work was carried out in the plant sciences department of UFSM. The cultivation of the species was conducted in a protected environment without soil, between September 2017 and January 2018. Five nutrient solution compositions were tested, with variation in nutrient concentrations (control = (N)<sub>b</sub> – (K)<sub>b</sub>(Ca + Mg)<sub>b</sub>; S1 = (N)<sub>a</sub> – (K)<sub>a</sub>(Ca + Mg)<sub>b</sub>; S2 = (N)<sub>a</sub> – (K)<sub>a</sub>(Ca + Mg)<sub>b</sub>; S3 = (N)<sub>b</sub> – (K)<sub>a</sub>(Ca + Mg)<sub>b</sub>; S4 = (N)<sub>b</sub> – (K)<sub>b</sub>(Ca + Mg)<sub>a</sub>), and two collection intervals (100 and 130 DAP). The essential oil was extracted by hydrodistillation in a clewenger apparatus. For the variables tested (dry and fresh leaf mass, yield and essential oil content) the best results were obtained when the collection was performed at 130 DAP and with nutrient solution with lower concentrations of N (9.20 to 9.30 mmol L<sup>-1</sup>) associated with the low cationic ratio (0.30) or close to 1.00. The main compounds found in the essential oil for these conditions were camphor (23.27-24.91%), thujone (24.17-31.1%) and 1.8 cineol (10.51-11.11%).

Keywords: Mineral nutrition, Secondary metabolism, Lamiaceae, Soilless cultivation

## 1. INTRODUÇÃO

A demanda por compostos bioativos, de determinados setores da indústria, aumenta o interesse de pesquisas direcionadas às plantas medicinais. Entretanto, quando se trata de técnicas de cultivo para a produção de algumas espécies, os estudos ainda são escassos. E dentre essas se encontra a *Salvia officinalis* L, cuja qual pode ser extraído óleo essencial, produto que agrega valor à espécie, por possuir várias propriedades medicinais, como; antifúngica (JIROVETZ et al., 2007), antibacteriana (BHAT et al., 2016) e antiproliferativa (ALEXA et al., 2018).

Os óleos essenciais são resultado do metabolismo secundário das plantas, sendo sua síntese afetada por fatores genéticos, ambientais e de cultivo. Segundo alguns autores (PINHEIRO, 2016; KUHN, 2018; e MAMBRI, 2018), o rendimento do óleo essencial está diretamente ligado à produção de massa fresca e seca, ou seja, maior produção de material vegetal tende a proporcionar maiores rendimentos. No entanto, este fato não infere em uma melhor qualidade química deste produto, no qual pode apresentar baixa qualidade apesar de ter rendimento satisfatório. Então, estudos que visem desenvolver novas técnicas de cultivo para aumentar o rendimento, como também manter a qualidade desejada do produto, são fundamentais para atender a demanda em diferentes setores do mercado

O cultivo em ambiente protegido sem solo pode ser uma alternativa, tendo em vista que, apresenta vantagens, por ser um sistema menos complexo do que o solo, podendo dessa forma

ter um maior controle no fornecimento de nutrientes, além de minimizar as condições adversas do ambiente e evitar uma maior incidência de pragas (ANDRIOLO, 2017). Nesse sistema de cultivo, utilizando solução nutritiva, a composição desta deve atender às demandas nutricionais da espécie e as relações iônicas, entre os sais, devem estar em equilíbrio para que não haja o antagonismo entre os nutrientes (ANDRIOLO, 2017). Para algumas espécies aromáticas e/ou medicinais têm sido realizados estudos referentes à nutrição mineral, mostrando que alterações nas concentrações de nutrientes na solução nutritiva podem alterar o rendimento de massa fresca e seca, bem como do óleo essencial e a qualidade deste.

Chysargyris et al. (2017), avaliando cinco níveis de potássio (K) (275-300-325-350-375 mg L<sup>-1</sup>) sobre as características morfológicas e bioquímicas da lavanda (*Lavandula angustifolia*) cultivada em sistema hidropônico, observaram que a concentração de 300 mgL<sup>-1</sup> de K proporcionou maior rendimento de óleo essencial, em comparação aos demais. Para a composição do óleo essencial também foram observadas diferenças significativas, na qual o teor do composto majoritário, 1,8 cineol, foi maior nos tratamentos k 275, k 300 e k 350.

Daivid; Boaro (2009), avaliando, dentre outras variáveis, o rendimento de óleo essencial de *Mentha piperita* em diferentes variações na composição de solução nutritiva nº 2 de Hoagland; Arnon (1950), cujas proporções foram: 50 % de N, P, K e 25 % de Mg; 50 % de N, P, K e Mg; 65 % de N, 50 % de P, 25 % de K e 100 % de Mg; 100 % de N, P, K e Mg, observaram que o melhor rendimento de óleo essencial foi obtido quando houve uma redução de 35 % de N, 50% de P, 75% de K (65 % N/ 50 % P / 25 % K / 100 % Mg). Resultado semelhante ao obtido por Valmorbidia (2006), no qual cultivando a mesma espécie (menta) observou que com a redução de K em 50 a 75 % na solução nº 2 de Hoagland; Arnon (1950), proporcionou melhor resultado para o rendimento e para a qualidade do óleo essencial.

Contudo, a resposta das plantas à nutrição mineral varia de espécie para espécie, por isso a importância de pesquisas que visem otimizar o manejo nutricional, principalmente, para culturas como a sálvia que apesar de despertar o interesse de setores da indústria, os estudos referentes à nutrição mineral ainda são escassos.

O trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes composições de soluções nutritivas na produção de massa fresca e seca de folhas, teor, rendimento e composição química do óleo essencial de *Salvia officinalis*.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no interior de um abrigo coberto com polietileno aditivado anti-UV com 100µm de espessura no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) entre setembro de 2017 a janeiro de 2018. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen é subtropical úmido "Cfa".

Durante o período experimental a temperatura média do ar, dentro do abrigo, foi medida pelo datalogger e a radiação solar global acumulada foi coletada diariamente por uma estação meteorológica automática a cerca de 300 metros de distância. Os valores médios para essas variáveis foram, respectivamente, 21,99 °C e 359,36,9 MJ.m<sup>-2</sup> setembro; 22,04 °C e 542,94 MJ.m<sup>-2</sup> outubro; 23,69 °C e 731,52 MJ.m<sup>-2</sup> em novembro; 28,60 °C e 744,81 MJ.m<sup>-2</sup> em dezembro e 27,31 °C e 687,69 MJ.m<sup>-2</sup> em janeiro.

O experimento foi constituído de cinco bancadas com telhas de fibrocimento, revestidas com filme transparente de polietileno de baixa densidade com espessura de 100 µm. As telhas eram de 3,65 m de comprimento, 1 m de largura, e 0,8 m de altura, e foram apoiadas a uma estrutura de alvenaria formando uma declividade de 1 %. Sobre os canais das telhas (0,06 m de altura e 0,18 m) foram colocados britas basálticas de granulometria média utilizada na construção civil.

A solução nutritiva foi distribuída através de fita gotejadora, com o auxílio de uma bomba submersa no reservatório. A fita foi disposta de maneira que ficasse um gotejador (vazão média de 0,5 L.h<sup>-1</sup>) por planta. Foram utilizadas até cinco fertirrigações diárias de 15 minutos durante o período experimental. Em cada fertirrigação foi empregado um coeficiente de drenagem não inferior a 30 %. A solução drenada foi recolhida ao reservatório de origem, em sistema fechado. O volume da solução nutritiva foi completado sempre que esse era igual ou inferior a 50 % do volume inicial. A condutividade elétrica foi mantida próxima a 1,0 dSm<sup>-1</sup>, tolerando-se um desvio de 10 %, utilizando para suas correções, água ou alíquotas de nova solução nutritiva, quando necessário. O pH foi mantido entre 5,5 e 6,5 tolerando-se um desvio de 0,2 unidades e mediante a adição de NaOH ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na concentração 1 N, sendo realizadas as correções necessárias dependendo da necessidade. Cabe ressaltar que para se ter o controle da CE e do pH, esses eram aferidos, pelo menos, três vezes na semana através do condutivímetro e do pHmetro, respectivamente.

As mudas de sálvia com aproximadamente 10 cm de altura foram adquiridas no comércio local e transplantadas para vasos de polipropileno de 3 dm<sup>3</sup>, preenchidos com areia. O transplântio foi realizado no dia 15 de setembro de 2017.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em fatorial 5 x 2, sendo cinco diferentes composições de soluções nutritivas e dois intervalos de coleta (98 e 130 DAP), com cinco repetições, cada. Os tratamentos foram constituídos por quatro combinações (Tabela 1), de níveis altos (a) e baixos (b) de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), além da testemunha, cuja composição da solução é baseada na de Frescura et al. (2018), utilizada para a cultura do alecrim (*Rosmarinus officinalis*). Conforme a tabela 1, os micronutrientes foram fornecidos nas concentrações de, em mg.L<sup>-1</sup>, 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu; 0,50 de Mn; ,22 de Zn e 1,0 mg.L<sup>-1</sup> de Fe na forma quelatizada.

Tabela 1 – Composições das soluções nutritivas que foram empregadas no experimento

Tratamento	Concentração iônica (mmol L <sup>-1</sup> )					
	N total	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	RC*
Testemunha: (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	9,30	0,70	5,00	1,50	1,25	0,90
Solução 1 (S1): (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	14,30	1,50	8,00	2,00	1,0	1,33
Solução 2 (S2): (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	14,60	2,50	5,50	4,00	2,0	0,46
Solução 3 (S3): (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	9,00	1,00	7,00	1,25	0,5	2,00
Solução 4 (S4): (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	9,20	1,00	3,00	3,00	2,0	0,30

\*RC= Relação catiônica

Esses tratamentos foram definidos de formar a obter dois níveis de nitrogênio e dois níveis da relação catiônica entre o potássio e a soma do cálcio mais magnésio. Os dois níveis de nitrogênio, alto e baixo, foram em torno de 14 e 9 mmol L, respectivamente. As relações catiônicas foram 1,33 e 2,0 no nível alto, e de 0,46 e 0,30 no nível baixo. A relação entre cálcio e magnésio foi mantida entre 1,5 a 2,5, para os tratamentos. A concentração de fósforo, com exceção da testemunha, foi mantida entre 1,0 e 2,5 indicada na literatura para o cultivo de plantas hortícolas em cultivos sem solos (PARDOSSI, 2011).

Em cada bancada as plantas foram divididas em dois grupos com dez plantas úteis. No primeiro grupo de plantas foi feita uma coleta aos 98 DAP. Essas plantas foram deixadas a rebrotar e a parte aérea foi colhida aos 130 DAP. No segundo grupo de plantas foi feita apenas

uma coleta aos 130 DAP, quando o experimento foi encerrado. Em cada uma das coletas as avaliações foram realizadas em dez plantas, sendo cinco utilizadas para a determinação de massa fresca e massa seca da parte aérea, e cinco para o rendimento e qualidade do óleo essencial. Os órgãos aéreos das plantas (folha e caule) foram pesados separadamente. O corte foi realizado na altura de 15 cm, deixando aproximadamente cinco gemas axiliares.

A massa fresca foi determinada imediatamente após a coleta e a massa seca após secagem em estufa de circulação forçada de ar, na temperatura de 60 °C, até obter massa constante entre duas determinações sucessivas. A massa fresca de folhas utilizada para a obtenção do óleo essencial foi armazenada em freezer, de aproximadamente -4° C, até o momento da extração. O processo utilizado foi por hidrodestilação em aparelho de clewenger.

O óleo essencial foi avaliado quanto ao seu rendimento e teor, sendo aquele calculado a partir da relação entre a massa fresca total de folhas (g planta<sup>-1</sup>) e a quantidade de óleo essencial obtida (g) e esse foi obtido a partir da relação entre o peso do óleo essencial e o da amostra, sendo o resultado expresso em porcentagem.

A composição química do óleo essencial foi avaliada através de Cromatografia Gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM). O cromatógrafo utilizado foi um Shimadzu, modelo GC-2010 (Shimadzu, Kyoto, JP); a coluna capilar foi uma Restek Rtx<sup>®</sup>-5MS ( 30 m x 0,25 mm, espessura de filme 0,25 µm; Restek, Pennsylvania, EUA); hélio foi empregado como gás de arraste em um fluxo de 1,69 mL/min; a temperatura do injetor foi mantida a 240°C; Um volume de 1 µL de cada amostra foi injetado em modo *split* em uma razão de 1:30. A rampa de temperatura do forno da coluna foi programada linearmente de 40 a 260°C (a 4°C/min). As condições de análise empregadas no espectrômetro de massas (Shimadzu, GCMS-QP2010 Ultra) foram: as temperaturas da interface e da fonte de íons foram mantidas a 260°C e a 230°C, respectivamente; varredura de *m/z* na faixa de 35–500 amu em uma frequência de aquisição de dados de 0,30 *scan/s*. Os voláteis foram identificados pelo espectrômetro de massas *single quadrupole* com ionização por impacto eletrônico (EI) gerado a 70 eV no modo de aquisição por varredura.

A identificação de componentes individuais foi realizada usando seus índices de retenção relativa e por comparação dos espectros de massas com a biblioteca de moléculas disponível. Os dados obtidos foram processados utilizando o software GCMS Postrun Analysis Versão 4.11. Os componentes do óleo foram identificados pela comparação de seus espectros de massa com os da biblioteca Wiley 9 (Palisade Corporation, Newfield, NY). O índice de retenção foi obtido de acordo com o método de van den Dool e Kratz para padrões de n-alcenos

C7-C30 (Supelco Analytical). A identificação dos compostos baseada na comparação dos índices de retenção obtidos experimentalmente foi procedida através de comparação com os índices de retenção disponíveis na literatura (ADAMS, 2007).

Ao final do experimento, as plantas que foram submetidas a duas coletas (aos 98 e 130 DAP) tiveram a produção de massa fresca, massa seca, rendimento e teor de óleo essencial somados, obtendo-se assim o acumulado das duas coletas. E esses resultados foram então comparados com os obtidos quando se realizou apenas uma coleta aos 130 DAP.

Foram avaliados os teores de macro e micronutrientes nos diferentes órgãos das plantas, coletadas uma única vez aos 130 DAP. Para tanto, após determinação da massa seca, os órgãos das cinco plantas coletadas foram moídos separadamente em moinho tipo Willey e coletadas amostras em cada órgão. Em seguida, o tecido foi submetido à digestão sulfúrica e nitroperclórica no extrato, sendo analisado o teor total de N, K, P, Ca, Mg e micronutrientes (TEDESCO, 1995).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e em seguida as diferenças entre as médias das variáveis foram comparadas pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Houve interação significativa entre a época de coleta e as diferentes composições de soluções nutritivas. Quando as plantas foram coletadas aos 98 dias após o plantio (DAP) não se obteve diferença significativa entre as produções de massa fresca alcançadas com a solução testemunha ( $208,60 \text{ g planta}^{-1}$ ), a S1 ( $164,82 \text{ g planta}^{-1}$ ) e a S2 ( $173,75 \text{ g planta}^{-1}$ ). Para aquelas coletadas aos 130 DAP, não houve diferença significativa entre a testemunha e o tratamento S4, que alcançaram uma produção máxima de  $282,71$  e  $289,02 \text{ g planta}^{-1}$  de massa fresca de folhas, respectivamente. Com relação à produção de massa seca de folhas, observou-se que a máxima produção alcançada aos 98 DAP foi de  $50,87 \text{ g planta}^{-1}$  com a solução testemunha. E aos 130 DAP as máximas produções de massa seca de folhas foram de  $61,60$  e  $65,66 \text{ g planta}^{-1}$ , com a solução testemunha e a S4, respectivamente, não havendo diferença significativa entre ambas (Tabela 2).

Tabela 2: Massa fresca e seca de folhas de plantas de *Salvia officinalis* cultivadas em diferentes composições de soluções nutritivas e coletadas aos 98 e 130 dias após o plantio, Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria.

Composição da solução nutritiva	Massa fresca de folhas (g planta <sup>-1</sup> )		Massa seca de folhas (g planta <sup>-1</sup> )	
	Dias após o plantio		Dias após o plantio	
	98	130	98	130
Testemunha	208,60 b A	282,71 a A	50,87 a A	61,60 a A
S1 - (N) <sub>a</sub> - (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	164,82 b A	217,25 a B	36,60 a B	46,24 a B
S2 - (N) <sub>a</sub> - (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	173,75 a A	217,55 a B	37,58 a B	46,76 a B
S3 - (N) <sub>b</sub> - (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	116,27 b B	173,59 a B	25,58 a B	35,12 a B
S4 - (N) <sub>b</sub> - (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	138,17 b B	289,02 a A	30,78 b B	65,66 a A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre linhas e minúsculas entre colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Para a produção acumulada de massa fresca e seca de folhas não houve interação significativa entre o número de coletas e a composição da solução nutritiva (tabela 3). Houve diferença significativa apenas entre as composições. Pode-se observar que para a produção acumulada de massa fresca os valores mais elevados foram obtidos quando as plantas foram cultivadas com a solução testemunha (287,5 g planta<sup>-1</sup>) e com a S4 (256,30 g planta<sup>-1</sup>), não havendo diferença significativa entre esses dois tratamentos. As soluções S1 e S2 não diferiram entre si e a média mais baixa foi obtida com a solução S3. Para massa seca a significância da diferença entre os tratamentos foi similar àquela da massa fresca, alcançando um valor máximo de 63,00 g planta<sup>-1</sup>, para a testemunha e a S4 (tabela 3).

Tabela 3: Produção acumulada de massa fresca e seca de folhas de plantas de *Salvia officinalis* cultivadas em diferentes composições de soluções nutritivas.

Composição da solução nutritiva	Massa fresca de folhas (g planta <sup>-1</sup> )	Massa seca de folhas (g planta <sup>-1</sup> )
Testemunha	285,7 A	63,0 A
S1 - (N) <sub>a</sub> - (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	209,2 B	45,0 B
S2 - (N) <sub>a</sub> - (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	204,0 B	43,9 B
S3 - (N) <sub>b</sub> - (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	165,0 C	56,2 C
S4 - (N) <sub>b</sub> - (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	256,3 A	63,0 A

Médias seguidas pela mesma letra entre linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Os resultados indicam que o aumento das concentrações de N e de K na solução nutritiva não foi eficiente para aumentar o crescimento das plantas de sálvia. Soluções que apresentaram relação catiônica equilibrada ou mais baixa, associada a concentrações baixas de nitrogênio favoreceram o aumento da produção de massa fresca e seca de folhas. Embora as condutividades elétricas dos tratamentos S1, S2 e S3 (1,20, 1,15 e 1,13 dSm<sup>-1</sup>, respectivamente) tenham sido ligeiramente mais elevadas em comparação com a testemunha (1,10 dSm<sup>-1</sup>) e a da S4 (1,00 dSm<sup>-1</sup>), é pouco provável que a condutividade elétrica tenha reduzido o crescimento das plantas nessa condição.

Na solução testemunha a relação catiônica foi de aproximadamente 0,91, ou seja, bem próxima à recomendada para a maioria das culturas, que seria de 1,0. Para a S4 essa relação foi a mais baixa, testada, no experimento com valor de 0,30, ou seja, apresentando maior concentrações de cálcio e magnésio. Esses resultados diferem do que normalmente é encontrado na literatura, nos quais, concentrações mais altas de nitrogênio, estimulam a produção de massa fresca e seca. No entanto, os resultados do presente trabalho podem ser explicados pelo fato da sálvia ser uma planta originária da região mediterrânea, a qual apresenta solos calcários e pobres em nitrogênio. Sendo assim, quando a espécie é submetida a altas concentrações de N o efeito desse nutriente na planta pode ser prejudicial.

Resultados semelhantes foram encontrados por Nchu et al. (2017), o qual estudando a influência de duas concentrações de N (4,85 mmol/l) e (1,15 mmol/l)) no cultivo de *H. cymosum* subsp. *Cymosum*, observaram que não houve diferença significativa para o crescimento das plantas quanto às concentrações utilizadas. O autor atribuiu o resultado ao fato de que, por a planta ser originária de uma região da África do Sul, pobre em nutrientes, a exigência desses é baixa, não sendo necessárias concentrações elevadas para o cultivo da espécie analisada.

Frescura et al. (2014), também encontraram respostas semelhantes avaliando diferentes concentrações de N em solução nutritiva (5.55, 8.05, 10.55, 13.05 e 15.55 mmol.L<sup>-1</sup>), para a cultura do alecrim (*Rosmarinus officinalis*), e, observaram que a maior produção de massa fresca foi obtida na concentração intermediária de N (9,40 mmol.L<sup>-1</sup>).

Quanto ao rendimento do óleo essencial houve interação significativa entre as composições de soluções nutritivas e o período de coleta. Quando as plantas foram coletadas aos 98 DAP as soluções que apresentaram maior rendimento foram a testemunha (0,41 g planta<sup>-1</sup>) e a S4 (0,40 g planta<sup>-1</sup>), não havendo diferença significativa entre elas. Os mesmos tratamentos foram melhores quando a coleta foi realizada aos 130 DAP, na qual se alcançou o

rendimento máximo de 0,51 g planta<sup>-1</sup> de óleo essencial (Tabela 4). Para o teor de óleo essencial, não houve diferença significativa para os tratamentos testados, alcançando-se uma média de 0,23 %.

Tabela 4: Rendimento de óleo essencial de plantas de *Salvia officinallis* cultivadas em diferentes composições de soluções nutritivas e coletadas ao 98 e 130 dias após o plantio, Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria.

Composição da solução nutritiva	Rendimento de óleo essencial (g planta <sup>-1</sup> )	
	Dias após o plantio	
	98	130
Testemunha	0,41 b A	0,51 a A
S1- (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	0,20 b B	0,37 a B
S2- (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	0,30 b B	0,46 a A
S3- (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	0,25 a B	0,17 a C
S4- (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	0,40 b A	0,51 a A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre linhas e minúsculas entre colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Para o rendimento e teor acumulado de óleo essencial não houve interação significativa entre as composições de soluções nutritivas e o número de coletas. O rendimento apresentou diferença apenas para as composições alcançando maior produção quando as plantas foram cultivadas com a solução testemunha (0,52 g planta<sup>-1</sup>) e a S4 (0,50 g planta<sup>-1</sup>), não havendo diferença significativa entre essas (tabela 5). O teor, por sua vez, apresentou diferença apenas para o número de coletas, ou seja, quando foi realizada uma única coleta, aos 130 DAP, essa variável obteve melhor resultado de 0,37 % (tabela 6).

Tabela 5: Rendimento acumulado de óleo essencial de plantas de *Salvia officinallis* cultivadas em diferentes composições de soluções nutritivas, Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria.

Composição da solução nutritiva	Rendimento de óleo essencial (g planta <sup>-1</sup> )
Testemunha	0,52 A
S1- (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	0,33 B
S2- (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	0,40 B

S3- (N)<sub>b</sub> – (K)<sub>a</sub> (Ca + Mg)<sub>b</sub> 0,22 C

S4- (N)<sub>b</sub> – (K)<sub>b</sub> (Ca + Mg)<sub>a</sub> 0,50 A

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Tabela 6: Teor acumulado de óleo essencial de plantas de *Salvia officinallis* submetidas a uma e duas coletas durante o período experimental, Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria.

Número de coleta	Teor de óleo essencial ( %)
1	0,37 A
2	0,22 B

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

De acordo com os resultados pode-se observar que ao se realizar uma coleta aos 130 DAP, esta proporcionou rendimento de óleo superior em aproximadamente 20 % quando comparado ao maior rendimento obtido quando as plantas foram coletadas aos 98 DAP. Entretanto, quando se realizou a soma do rendimento de óleo de duas coletas, durante o período experimental (a primeira aos 98 e a segunda aos 130DAP), esse não variou de forma significativa quando comparado ao rendimento obtido de apenas uma coleta aos 130 DAP.

O máximo rendimento de óleo essencial obtido, 0,52 g planta<sup>-1</sup> foi superior em mais de 70 % ao rendimento encontrado no trabalho realizado na Polônia por Zawislak (2014), no qual obteve aproximadamente uma produção máxima de 0,15 g planta<sup>-1</sup> de óleo essencial de *Salvia officinallis*, quando a coleta foi realizada em agosto, após três anos de cultivo. Esses resultados podem ter sido influenciados pelas condições de cultivo, uma vez que, no trabalho de Zawislak (2014) o experimento foi realizado em campo, ou seja, pode ter tido uma maior influência de fatores adversos do ambiente (temperatura, radiação solar, chuvas, ventos, perdas de nutrientes) durante o experimento. Fato esse, que pode ter sido minimizado pelo ambiente protegido. Além de que, no sistema de cultivo sem solo pode-se ter um maior controle dos nutrientes fornecidos havendo menos perdas, o que proporciona uma nutrição mais eficiente para o crescimento e desenvolvimento da planta.

Quando se utiliza solução nutritiva para a fertilização das plantas é fundamental que haja um equilíbrio iônico entre as cargas, para que dessa forma as raízes consigam absorver os nutrientes necessários, sem que haja competição entres esses. Como se pode observar na solução testemunha, houve um maior equilíbrio entre as cargas, principalmente quanto aos



cátions, uma vez que, a relação catiônica foi de 0,91, o que proporcionou bons rendimentos de óleo essencial. Em contrapartida, a solução que apresentou relação catiônica mais baixa também apresentou, juntamente com a solução testemunha, melhores resultados. Tal fato infere que soluções nutritivas com altas concentrações de cálcio e magnésio associadas às baixas concentrações de nitrogênio também influenciam de forma positiva a produção de óleo essencial da sálvia. Trabalhos avaliando esses dois nutrientes (Ca e Mg), em outras espécies, demonstraram a eficiência, desses, em cultivos, cuja finalidade é a produção de óleo essencial.

Estudo realizado com a cultura do orégano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*), espécie pertencente à mesma família da sálvia (Lamiaceae) e de origem mediterrânea, foi realizado em duas localidades no norte da Grécia (Herso e Eptalofos) sendo avaliadas cinco concentrações; 0 %, 0,5 %  $\text{Ca}^{2+}$ , 1 %  $\text{Ca}^{2+}$ , 1%  $\text{Mg}^{2+}$  e 2%  $\text{Mg}^{2+}$ . O cálcio foi aplicado via foliar em forma de  $\text{CaCl}_2$  contendo 35% de Ca e o  $\text{Mg}^{2+}$  foi aplicado como  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  contendo 10% de Mg. Para o teor de óleo essencial não foi observada diferença significativa. No entanto, o rendimento de óleo essencial foi superior com a aplicação de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  para as duas localidades. Os autores observaram um aumento médio de 22 % com  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  comparado com o rendimento do tratamento controle. Os autores atribuíram esse resultado a maior produção de massa seca nos tratamentos que foram realizadas as aplicações desses nutrientes, justificando que a espécie do orégano é mais adaptada a solos calcários e que acumulam quantidades significativas, principalmente de cálcio, em seus órgãos, fazendo com que a utilização desses nutrientes na fertilização da espécie seja muito importante para otimizar a produção (DORDAS, 2009).

Outra pesquisa também relacionada a esses dois nutrientes foi realizada com a cultura da camomila (*Matricaria recutita*). O experimento foi realizado em solo e foram testadas cinco doses de cálcio e magnésio (0, 50, 100, 150 e 200 mg  $\text{pot}^{-1}$  tendo 10 kg de solo) e a interação entre elas. Os resultados mostraram que a interação das doses máximas desses nutrientes proporcionou melhores rendimentos para todas as variáveis analisadas, dentre elas massa fresca de flores por planta (26,94 g) e teor de óleo essencial (1,10 %) (UPADHYAY; PATRA, 2011).

Os óleos essenciais, apesar de serem resultado do metabolismo secundário das plantas, estão diretamente ligados ao metabolismo primário, uma vez que este é precursor daquele. Os terpenos, por exemplo, principais constituintes dos óleos essenciais são sintetizados a partir do metabolismo primário por duas rotas distintas a do ácido mevalônico e a rota do metileritritol fosfato (MEP) (TAIZ; ZEIGER, 2013). Sendo assim, ao fornecer quantidades de nutrientes ideais para o crescimento e desenvolvimento das plantas consequentemente a síntese desses compostos secundários poderá ser afetada de forma positiva.

Na composição do óleo essencial foram encontrados, em média, 60 compostos. Porém, 10 representam mais de 65 % dos constituintes (tabela 7). Os tratamentos testados influenciaram na composição e nos teores dos compostos. Quando a coleta foi realizada aos 98 e 130 DAP os óleos essenciais, independente da solução na qual as plantas foram cultivadas, apresentaram como três compostos majoritários a cânfora (que variou de 13,36 a 24,91 %), a tujona cuja variação foi de 12,74 a 31,10 % e 1,8 cineol (que variou de 7,42 a 13,58%), com exceção do óleo essencial obtido quando as plantas foram cultivadas com a S4 e coletadas 130 DAP, na qual apresentou o alfa-pineno (10,31 %) como um dos três compostos majoritários, além da cânfora e tujona.

Tabela 7: Principais compostos do óleo essencial extraído de folhas de *Salvia officinalis* cultivada em diferentes composições de soluções nutritivas e coletadas aos 98, 130 e 110 (segundo intervalo) dias após o plantio, Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria.

Compostos (%)	Composição da solução nutritiva				
	T	S1	S2	S3	S4
98 DAP					
Borneol	5,42	3,29	3,89	7,93	4,18
Cânfora	20,21	13,36	22,87	16,98	20,56
Canfeno	7,16	3,95	6,26	5,64	4,89
Cariofileno	-	2,24	1,1	2,89	1,96
Manool	3,68	5,06	3,53	3,32	3,44
Tujona	13,27	20,94	26,96	14,98	27,79
Viridiflorol	3,9	4,69	4,73	4,16	4,32
1,8 cineol	7,42	9,69	13,58	7,64	12,19
$\alpha$ -humuleno	3,14	0,26	0,11	0,2	3,3
$\alpha$ -pineno	3,94	3,78	3,36	3,88	6,26
<b>Total (%)</b>	<b>68,14</b>	<b>67,26</b>	<b>86,39</b>	<b>67,62</b>	<b>88,89</b>
130 DAP					
Borneol	5,09	4,84	5,48	3,3	4,66
Cânfora	24,91	13,36	24,28	15,18	23,27
Canfeno	5,01	9,52	9,03	4,99	7,26
Cariofileno	2,71	1,98	1,53	2,09	2,13
Manool	3,67	3,67	5,93	6,78	3,84
Tujona	31,1	13,71	12,74	26,13	24,17
Viridiflorol	5,48	4,86	4,58	5,99	4,4
1,8 cineol	11,11	12,64	12,41	8,61	10,51
$\alpha$ -humuleno	3,11	5,09	3,4	5,69	3,9
$\alpha$ -pineno	2,18	5,38	8,22	10,31	6,48
<b>Total (%)</b>	<b>94,37</b>	<b>75,05</b>	<b>87,6</b>	<b>89,07</b>	<b>90,62</b>
130 DAP (segundo intervalo)					

Borneol	2	1,2	3,05	2,96	3,54
Cânfora	8,52	8,57	12,17	12,72	14,39
Canfeno	2,27	2,74	3,71	3,35	4
Cariofileno	0,58	0,99	1,13	1,44	1,29
Dotriacontane	12,73	24,26	-	-	-
Hexatriacontane	45,01	-	-	-	-
Manool	3,23	4,09	7,35	6,27	38,95
Tetrapentacontane	-	25,48	31,82	34,29	
Tujona	10,03	11,96	16,52	16,14	13,54
Viridiflorol	1,75	2,69	3,6	3,62	3,4
1,8 cineol	4,37	4,81	6,91	1,75	7,54
$\alpha$ -humuleno	1,89	1,57	3,06	3,35	3,39
$\alpha$ -pineno	1,26	2,41	2,1	2,57	3,24
<b>Total (%)</b>	<b>93,64</b>	<b>90,77</b>	<b>91,42</b>	<b>88,46</b>	<b>93,28</b>

Quanto ao segundo intervalo houve uma maior variação nas composições dos óleos essenciais, apresentando alguns compostos não comuns encontrados na espécie da sálvia. Para a testemunha os compostos majoritários foram o hexatriacontane com 45 %, o dotriacontane com 12,73 % e tujonas com 10 %. Para a S1 foram encontrados 24,26 % de dotriacontane, 25,48% de tetrapentacontane e 11,96 % de tujonas. Para as S2 e S3 os compostos majoritários foram respectivamente, cânfora 12,17 e 12,72 %, tetrapentacontane 31,82 e 34,29 % e tujona 16,52 e 16,14 %. Para a S4 foram encontrados teor de 14,39 % de cânfora, 38,95 % de manool e 13,54 % de tujona.

Os compostos majoritários encontrados no óleo essencial da sálvia, quando as plantas foram coletadas aos 98 e 130 DAP, foram semelhantes a alguns trabalhos que também determinaram a composição desse óleo (PORTE et al., 2013, GARCIA et al., 2015, GRDISA et al., 2015, SABRY et al., 2016). A cânfora e tujona são os compostos que caracterizam o óleo essencial da sálvia. No entanto, os teores desses podem variar bastante, principalmente com relação às condições de cultivo da espécie. Zawislak (2014) avaliando a composição química do óleo essencial da sálvia na Polônia, em duas épocas de coleta, maio e agosto, observou que a primeira época os compostos majoritários foram tujona (28,00 %), 1,8 cineol (18,04 %) e viridiflorol (10,83%). Enquanto, que para a segunda época os principais compostos foram cânfora (18,08 %), 1,8 cineol (16,08 %) e tujona (13,09 %).

Os compostos presentes nos óleos essenciais são responsáveis por suas propriedades biológicas, podendo algumas dessas estarem diretamente ligadas a um único composto ou à interação de dois ou mais compostos. Abu-Darwish et al. (2013), realizando teste *in vitro*, através de medida da produção de óxido nítrico utilizando macrófagos de camundongos,

concluiu que o óleo essencial de sálvia é anti-inflamatório e o composto em maior quantidade encontrado foi o 1,8 cineol e a cânfora. Para Pierozan et al. (2009) avaliando óleos essenciais de diferentes espécies de sálvia em microrganismo Gram-positivos observaram que a *sálvia officinalis*, é um eficiente antimicrobiano, e que em sua composição apresentavam principalmente tujona, 1,8 cineol e cânfora. Trabalhos realizados com óleos essenciais e suas propriedades medicinais são de fundamental importância, uma vez que, a partir desses compostos podem ser desenvolvidos novos fármacos e cosméticos.

Para quando houve a coleta no segundo intervalo, os teores dos principais compostos do óleo essencial diferiram do que normalmente é encontrado. Estudo realizado por Zawislak (2014) também foi detectado o manool com um teor de 6,62 %, composto esse que também apresentou, no presente trabalho, teor significativo (38,95 %) no óleo essencial obtidos a partir de plantas cultivadas com a S4 e submetidas ao segundo corte. Para os demais constituintes encontrados em maiores quantidades como: Hexatriacontano e o Tetrapentacontano não foram encontrados na literatura relatos desses compostos presentes em óleo essenciais de *Salvia officinalis*.

Quanto ao teor de macronutrientes encontrados nas folhas, caule e raiz houve diferença significativa para o N, P, K, Ca e Mg, com exceção do teor de N encontrado no caule, que não apresentou diferença entre os tratamentos. Para os teores de micronutrientes foi observada diferença significativa apenas nas concentrações de Cu, Zn e Mn nas raízes (tabela 8).

Segundo Epstein; Bloom (2006), os teores de nutrientes para a maioria das culturas variam de: nitrogênio: 0,5-6 %, fósforo: 0,15-0,5 %, potássio: 0,8-8 %, cálcio 0,1-6 %, magnésio: 0,05-1 %, ferro: 0,002-0,06 %, manganês: 0,001-0,06, zinco: 0,001-0,025 %, cobre: 0,0002-0,005 %. Sendo assim, para todos os nutrientes os teores foliares estão na média, com exceção do fósforo que para os teores nas folhas e caule variaram de 0,10 a 0,14 % e 0,13 a 0,16 %, respectivamente, ou seja, abaixo da média.

Tabela 8- Teores de macro e micronutrientes em diferentes órgãos da planta de *Salvia officinalis* (folha, caule e raiz). Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria.

Composição da solução nutritiva	Teor de nutrientes na folha								
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
	g/kg								
Testemunha	9,57 B	1,10 B	47,57 A	4,75 B	5,65 B	0,18 A	0,025 A	0,013 A	0,22 A
S1- (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	10,30 B	1,27 A	51,7 A	3,97 B	4,81 B	0,15 A	0,020 A	0,015 A	0,18 A
S2- (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	11,09 B	1,43 A	35,57 B	7,08 A	6,56 A	0,16 A	0,016 A	0,017 A	0,21 A
S3- (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	10,97 B	1,30 A	53,17 A	3,19 B	3,80 C	0,20 A	0,019 A	0,014 A	0,13 A
S4- (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	13,88 A	1,08 B	29,97 B	5,90 A	8,50 A	0,16 A	0,016 A	0,016 A	0,16 A
	Teor de nutrientes no caule								
	g/kg								
Testemunha	6,32 A	1,33 B	20,72 B	3,23 B	2,88 A	0,058 A	0,011 A	0,007 A	0,082 A
S1- (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	6,83 A	1,51 A	30,43 A	2,68 B	1,67 B	0,051 A	0,014 A	0,008 A	0,060 A
S2- (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	6,72 A	1,61 A	21,08 B	2,66 B	2,86 A	0,057 A	0,012 A	0,015 A	0,045 A
S3- (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	5,71 A	1,43 B	27,41 A	2,51 B	2,15 B	0,047 A	0,011 A	0,009 A	0,080 A
S4- (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	6,88 A	1,37 B	21,08 B	4,56 A	3,39 A	0,058 A	0,014 A	0,014 A	0,099 A
	Teor de nutrientes na raiz								
	g/kg								
Testemunha	14,50 B	1,37 A	24,02 A	4,77 B	6,92 B	2,01 A	0,020 B	0,024 B	0,43 B
S1- (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	14,22 B	1,82 A	22,73 A	7,52 A	6,98 B	2,42 A	0,046 A	0,030 B	0,73 A
S2- (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	13,66 B	2,03 A	20,00 A	7,25 A	7,52 B	1,73 A	0,030 B	0,075 A	0,67 A
S3- (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	13,77 B	1,8 A	23,56 A	5,25 B	6,23 B	2,31 A	0,025 B	0,020 B	0,35 B
S4- (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	16,30 A	2,01 A	15,90 A	5,63 B	8,79 A	2,10 A	0,020 B	0,030 B	0,43 B

Médias seguidas pela mesma letra entre linhas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Pode-se observar que o maior teor de N nas folhas e na raiz foi obtido com a S4, apesar desta apresentar baixa concentração de N em sua composição. Este resultado pode estar relacionado ao fato de que neste mesmo tratamento as plantas apresentaram maior crescimento de raiz (19,90 g planta<sup>-1</sup>) (tabela 9) influenciando na absorção de N.

O fornecimento de soluções nutritivas com concentrações de N mais baixas tende a produzir maior número de raízes (COSTA, 2014) e esse processo é mais estimulado quando se tem um fornecimento de cálcio mais elevado, que é o caso da S4. O cálcio está envolvido na divisão celular, ou seja, quando este nutriente é fornecido em quantidades adequadas o crescimento das regiões meristemáticas das raízes é estimulado, aumentando a absorção de água e nutrientes, o que proporciona uma maior produção de massa fresca e seca (MONTEIRO; SILVEIRA, 2011).

Tabela 9: Massa seca de raiz de plantas de *Salvia officinalis* cultivadas em diferentes composições de soluções nutritivas e coletadas aos 130 DAP. Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria.

Composição da solução nutritiva	Massa seca de raiz ( g planta <sup>-1</sup> )
Testemunha	17,06 B
S1- (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	14,28 B
S2- (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	15,39 B
S3- (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	14,28 B
S4- (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	19,86 A

Médias seguidas pela mesma letra entre colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05).

Estudos realizados com a finalidade de avaliar a influência do cálcio no crescimento das plantas vêm sendo realizados. Domingues et al. (2016), avaliando dentre outros parâmetros o crescimento e a acumulação de cálcio, potássio e magnésio nas folhas e grãos de cultivares de feijão em resposta à concentração de cálcio na solução nutritiva, observaram que quando foram testadas doses altas de cálcio (2,20; 2,75; 3,30; 3,85; 4,40 e 4,95 mmol L<sup>-1</sup>) houve um aumento linear da massa seca da parte aérea, raízes e da acumulação de cálcio nas folhas e grãos. Para a espécie da *Mentha piperita* foi observada a mesma tendência. No qual, testando cinco concentrações de cálcio (200, 160, 120, 80 e 40 mg L<sup>-1</sup>), a partir da solução nutritiva n° 2 de

Hoagland; Arnon (1950) concluiu-se que o aumento de cálcio foi benéfico para a produção de matéria seca no final do desenvolvimento (FAZIO, 2011).

A partir dos resultados pode-se concluir que para a produção de *Salvia officinalis* com a finalidade de extração de óleo essencial é ideal que a composição da solução nutritiva apresente concentrações baixas de N (9,20 a 9,30 mmol L<sup>-1</sup>) associadas à relação catiônica baixa (0,30) ou próxima de 1,00. Para tais condições a coleta deve ser realizada uma única vez para uma melhor qualidade do óleo, cujos compostos majoritários são; cânfora (23,27-24,91 %), tujona (24,17- 31,1%) e 1,8 cineol (10,51- 11,11%).

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-DARWISH, M. S.; CABRAL, C.; FERREIRA, I. V.; GONÇALVES, M. J.; CAVALEIRO, C.; CRUZ, M. T.; AL-BDOUR H.; SALGUEIRO, L. Essential Oil of Common Sage (*Salvia officinalis* L.) from Jordan: Assessment of Safety in Mammalian Cells and Its Antifungal and Anti-Inflammatory Potential. **BioMed Research International**. v. 2013. p. 1-9, 2013.

ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry, 4, 401, 2007.

ALEXA, E.; SUMALAN, R. M.; DANCIU, C.; OBISTIOIU, D.; NEGREA, M.; POIANA, M. A.; RUS, C.; RADULOV, I.; POP, G.; DEHELEAN, C. Synergistic Antifungal, Allelopathic and Anti-Proliferative Potential of *Salvia officinalis* L., and *Thymus vulgaris* L. Essential Oils. **Molecules**. v.23, n.1, p. 2-15, 2018.

ANDRIOLO, J.L. **Olericultura Geral**. Santa Maria: UFSM, 2017. 93p.

BHAT, G.; RASOOL, S.; REHMAN, S.; GANAIE, M.; QAZI, P.; SHAWL, A. Seasonal Variation in Chemical Composition, Antibacterial and Antioxidant Activities of the Essential Oil of Leaves of *Salvia officinalis* (Sage) from Kashmir, India. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**. v. 19, n. 5, p. 1129-1140, 2016.

CHRYSARGYRIS, A.; DROUZA, C.; TZORTZAKIS, N. Optimization of potassium fertilization/nutrition for growth, physiological development, essential oil composition and antioxidant activity of *Lavandula angustifolia* Mill. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 17, n.2, p.291-306, 2017.

DAVID E. F. S.; BOARO, C. S. F. Translocação orgânica, produtividade e rendimento de óleo essencial de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com variação dos níveis de N, P, K e Mg. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. v.11, n.3, p.236-246, 2009.

DOMINGUES, L. S.; RIBEIRO, N.D.; ANDRIOLO, J. L.; POSSOBOM, M. T. D.F.; ZEMOLIN, A. E.; Crescimento, produtividade de grãos e acumulação de cálcio, potássio e magnésio em plantas de feijão relacionadas à nutrição com cálcio. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.38, n.2, p. 207-217, 2016.

DORDAS, C. Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*). **Industrial Crops and Products**. v. 29, n. 2-3, p.599-608, 2009.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 401 p.

FAZIO, J L. **Mentha piperita cultivada com variação de cálcio**. Trocas gasosas e óleo essencial. 2011. 90f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas- Botânica)-Universidade Estadual Paulista, 2011.

FRESCURA, V.D.; BOLIGON, A, A.; BARBOSA, F.M.; SOUZA, J.M.; LERNER, M.A.; Laughinghouse, H. D.; SILVA, C.B.; ANDRIOLO, J. L.; LOPES, S. J.; TEDESCO, S. B. Nutrient solution concentration and collection time in phytomass production, content, yield and chemical composition of essential oil of rosemary. **Journal of Plant Nutrition**, v.41, n. 10, p.1293-1302, 2018.

FRESCURA, V. D. S. **Parâmetros fitoquímicos, genotóxicos de crescimento de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em diferentes salinidades e doses de nitrogênio**. 2014. 111f, Tese (Doutorado em Agronomia) -Universidade Federal de Santa Maria, 2014.

GARCIA, C. S. C, MENTI, C.; LAMBERT, A. P. F.; BARCELLOS, T.; MOURA, S.; CALLONI, C.; BRANCO, C. S.; SALVADOR, M.; ROBESCH-ELY, M.; HENRIQUES, J. A. P. Pharmacological perspectives from Brazilian *Salvia officinalis* (Lamiaceae): antioxidant, and antitumor in mammalian cells. **Brazilian Academy of Sciences**, v.88, n.1, p.281-292, 2016.

GRDISA, M.; JUG-DUJAKOVIC, M.; LONCARIC, M.; CAROVIC-STANKO, K.; NINCEVI, T.; LIBER, Z.; RADOSAVLJEVIC, I. SATOVIC, Z. Dalmatian sage (*Salvia officinalis* L.): a review of biochemical contents, medical properties and genetic diversity. **Agriculturae Conspectus Scienti**, v. 80, n.2, p. 69-78, 2015.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water**: culture method for growing plants without soil. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 32p.

JIROVETZ, L.; WLCEK, K.; BUCHBAUER, G.; GOCHEV, V.; GIROVA, T.; STOYANOVA, A.; SCHMIDT, E.; GEISSLER, M.; Antifungal Activities of Essential Oils of *Salvia lavandulifolia*, *Salvia officinalis* and *Salvia sclarea* against Various Pathogenic *Candida* species. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**. v. 07, n.5, p. 430-439 , 2007.

KUHN, A. W., **Manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) sob diferentes períodos de estresse salino, fitomassa fitoquímica e citogenotoxicidade**. 2018. 82f, Tese (Doutorado em Agronomia) - Univesidade Federal de Santa Maria, RS, 2018.



MAMBRI, A. P.S.; ANDRIOLO, J. L.; MANFRON, M.P.; PINHEIRO, S.M.G.; CARDOSO, F.L; NEVES, M. G. Yield and composition of lavender essential oil grown in substrate. **Horticultura Brasileira**. v. 36, n. 2, p.259-264. 2018.

MONTEIRO, A.F.; SILVEIRA, C.P. Influência da adubação com nitrogênio e cálcio nas características morfológicas e produtivas das raízes de capim-tanzânia cultivado em solução nutritiva. **R. Bras. Zootec.**, v.40, n.1, p.47-52, 2011.

NCHU F.; MATANZIMA, Y.; LAUBSCHER C. P.; Prospects of N Fertilization in Medicinal Plants Cultivation, **INTECH**, p.209-222, 2017.

PARDOSSI, A. et al. **Fertigation and Substrate Management in Closed Soilless Culture**. Pisa: University of Pisa, Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie. 2011. 64p.

PIEROZAN, M.K.; PAULETTI, G.F.; ROTA, L.; ATTI, A.C.; LERLN, A. L.; DI LUCCI, M.; MOSSI, A.J.; ATTI-SERAFINI, L. A.; CANSIAN, R.L.; OLIVEIRA, J.V. Chemical characterization and antimicrobial activity of essential oils of *salvia* L. species. **Ciênc. Tecnol. Aliment**. v.29, n.4, p.764-770, 2009.

PINHEIRO, S. M. G, **Crescimento, composição fitoquímica e efeito genotóxico do óleo essencial em alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) sob diferentes períodos de salinidade**. 52p, 2016. Dissertação- (Mestrado em Agronomia) -Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

PORTE, A., R. L. O. GODOY, L. H. Chemical composition of sage (*Salvia officinalis* L.) essential oil from the Rio de Janeiro State (Brazil). **Rev. Bras. Pl. Med.**, v. 15, n. 3, p. 438-441, 2013.

SABRY, R.M.; KANDIL, M.A.M.; AHMED, S.S.; Growth and Quality of Sage (*Salvia officinalis*), Parsley (*Petroselinum crispum*) and Nasturtium (*Tropaeolum majus*) as Affected by Water Deficit. **Middle East Journal of Agriculture**. v.5, n.3, p. 286-294, 2016.

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

TEDESCO M J. 1995. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia. (Boletim Técnico de Solos, 5). 174p.

UPADHYAY, R. K. E PATRA, D. D. Influence of Secondary Plant Nutrients (Ca and Mg) on Growth and Yield of Chamomile (*Matricaria recutita* L.). **Asian Journal of Crop Science**. v. 3, n.3, p.151-157, 2011.

VALMORBIDA, J; BOARO, C. S. F; SCAVRONI, J; DAVID, E. F. S. Crescimento de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes doses de potássio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.9, n. 4, p.27-31, 2006.

ZAWISLAK, G. Yield and chemical composition of essential oil from *salvia officinalis* L. in third year of cultivation. **Herba Polonica Journal**, v.60, n.3, p.14-22, 2014.

COSTA, A. R.; Nutrição Mineral de Plantas. Évora: Escola de Ciências e Tecnologia da Universidade de Évora, 2014. 147p. Disponível em: <

<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/12007/1/NUTRI%C3%87%C3%83O%20MINERAL%20DAS%20PLANTAS%20VASCULARES.pdf>>. Acessado em: 27/10/2019.

## ARTIGO 3

# AVALIAÇÃO DA CITOGENOTOXICIDADE DO ÓLEO ESSENCIAL DE *SALVIA OFFICINALIS* L. CULTIVADA SOB DIFERENTES CONDUTIVIDADES ELÉTRICAS E COMPOSIÇÕES DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS.

## RESUMO

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito antiproliferativo e genotóxico do óleo essencial da *Salvia officinalis*, cultivada em diferentes condutividades elétricas (CE) e composições de soluções nutritivas, sobre o material genético de *Allium cepa* L. As plantas foram cultivadas no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. A extração do óleo essencial das folhas foi realizada por hidroestilação em aparelho de Clevenger. Para avaliar o efeito antiproliferativo e genotóxico do óleo essencial na concentração de 0,25 % sobre o material genético de *Allium cepa*, foram utilizados quatro bulbos por tratamentos, totalizando quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos dos óleos essenciais, obtidos de plantas cultivadas sob cinco diferentes CEs (1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dSm<sup>-1</sup>) e composições de soluções nutritivas (solução padrão, (N)<sub>a</sub> – (K)<sub>a</sub> (Ca + Mg)<sub>b</sub>, (N)<sub>a</sub> – (K)<sub>b</sub> (Ca + Mg)<sub>a</sub>, (N)<sub>b</sub> – (K)<sub>a</sub> (Ca + Mg)<sub>b</sub> e (N)<sub>b</sub> – (K)<sub>b</sub>(Ca + Mg)<sub>a</sub>, na concentração de 0,25 %, e de três tratamentos controle; glifosato (controle positivo), água destilada (controle negativo) e o etanol, no qual o óleo foi diluído, totalizando 13 tratamentos. Os bulbos foram colocados para enraizarem em água destilada e depois de emitidas as raízes, essas foram colocadas em contato com os tratamentos durante 24 horas. A seguir foram coletadas e fixadas em fixador Carnoy 3:1 (etanol: ácido acético) por mais 24 horas. Após, foram mantidas em recipientes com etanol 70 % até o momento da preparação das lâminas. A preparação das lâminas foi realizada pela técnica do esmagamento e o material corado comorceína acética 2 %, sendo analisadas 2000 células por tratamento. Foram calculados o índice mitótico e o número das alterações cromossômicas, para determinar o efeito antiproliferativo e genotóxico, respectivamente. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e em seguida as diferenças entre as médias das variáveis foram comparadas pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Para todos os tratamentos o óleo essencial de *Salvia officinalis*, na concentração de 0,25 %, foi antiproliferativo e não genotóxico.

Palavras-chave: *Allium cepa*. Alteração cromossômica. Índice mitótico

## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the antiproliferative and genotoxic effect of the essential oil of *Salvia officinalis*, cultivated in different concentrations and nutrient solution composition, under the genetic material of *Allium cepa*. The plants were grown in the Plant Science Department of the Federal University of Santa Maria. Extraction of the essential oil from leaves was performed by hydrodistillation in a Clevenger apparatus. To evaluate the antiproliferative and genotoxic effect of the essential oil at the concentration of 0.25 % on the genetic material of *Allium cepa*, four bulbs were used per treatments, totaling four replicates. The treatments consisted of essential oils, obtained from plants grown under five different ECs (1.0, 2.0, 3.0, 4.0 and 5.0 dSm<sup>-1</sup>) and nutrient solution compositions (standard solution, (N)<sub>a</sub> – (K)<sub>a</sub> (Ca + Mg)<sub>b</sub>, (N)<sub>a</sub> – (K)<sub>b</sub> (Ca + Mg)<sub>a</sub>, (N)<sub>b</sub> – (K)<sub>a</sub> (Ca + Mg)<sub>b</sub> and (N)<sub>b</sub> – (K)<sub>b</sub>(Ca + Mg)<sub>a</sub>, at the concentration of 0.25 % and glyphosate (positive control), distilled water (negative control) and ethanol, in which the oil was diluted, totaling 13 treatments. The roots were then placed in contact with the treatments for 24 hours and then collected and fixed in Carnoy 3: 1 fixative (ethanol: acetic acid) for another 24 hours. Then they were kept in containers with 70 % ethanol until the moment of

preparation of the slides. The slides were prepared by crushing and stained with 2% acetic orcein and 2000 cells were analyzed. The mitotic index and the number of the chromosomal changes were calculated to determine the antiproliferative and genotoxic effect, respectively. The data were submitted to analysis of variance by the F test, and then the differences between the means of the variables were compared by the Skott-Knott test with a 5% probability of error. For all treatments the essential oil of *Salvia officinalis* at the concentration of 0.25% was antiproliferative and non-genotoxic.

Keyword: *Allium cepa*. Chromosomal alteration. Mitotic index

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo de plantas medicinais nas últimas décadas vem crescendo bastante. Isso se deve principalmente ao fato dessas plantas apresentarem atividades biológicas de interesse para diversas áreas de pesquisa. O gênero *Salvia*, por exemplo, é um dos mais vastos da família Lamiaceae apresentando cerca de 900 espécies, dentre essas a *Salvia officinalis* L. é uma das mais conhecidas e utilizada para fins terapêuticos. Esta espécie apresenta várias propriedades medicinais, sendo elas: anticancerígenas, anti-inflamatórias, antinociceptivas, antioxidantes, antimicrobianas, hipoglicêmicas e hipolipemiantes (GHORBANI et al., 2017).

Os órgãos da planta utilizados são as folhas e flores dos quais podem ser preparados chás, banhos e extraído o óleo essencial. Esse, apresenta propriedades biológicas (antimicrobiana, antifúngica, antiproliferativa...), que podem ser utilizadas como alternativas para medicamentos tradicionais (SOOKTO et al., 2013; LEMLE, 2017; ALEXA et al., 2018) No entanto, o uso desses produtos muitas vezes é de forma indiscriminada, ou seja, a população não tem um embasamento científico para tal e muitas vezes as recomendações são feitas com base em conhecimento popular, podendo comprometer a saúde de seus consumidores (HISTER et al., 2017).

Para conferir maior segurança no consumo de determinadas substâncias podem ser realizados bioensaios, estes, por sua vez, são utilizados como bioindicadores de alterações no material genético (FARIA et al., 2017). O teste de *Allium cepa*., por exemplo, é um deles. A indicação de alterações significativas no material genético das células de pontas de raízes da cebola pode ser um indicativo de genotoxicidade, bem como o aumento do número de células em divisão pode sugerir ação proliferativa (CABUGA JUNIOR et al., 2017). Este teste, por ser validado como um eficiente bioteste pelo Programa Internacional de Segurança Química (PISQ, OMS), é muito utilizado para avaliações de genotoxicidade e antiproliferatividade para algumas substâncias.

Alguns autores utilizam o ensaio de *Allium cepa* para testes preliminares de genotoxicidade e citotoxicidade de pesticidas (GOUJON et al., 2014; DATTA et al., 2018), qualidade da água (ATHANÁSIO et al., 2014; DUARTE et al., 2014; CABUGA JUNIOR et al., 2017) e sobre substâncias que são obtidas de algumas plantas utilizadas na medicina popular (PASQUALI, 2015; CIAPPINA et al., 2017; HISTER et al., 2017).

Ciappina et al. (2017) avaliando através do teste de *Allium cepa* o efeito tóxico, citotóxico e genotóxico do látex bruto e diluído a uma concentração de 50 %, obtido do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), que por sua vez é muito utilizado para tratar algumas enfermidades (micose, úlcera, queimaduras, etc.), observaram efeito tóxico, antiproliferativo e genotóxico. Concluindo dessa forma que o uso indiscriminado dessa substância pode trazer riscos à saúde humana.

Pesquisas, com óleos essenciais, também já foram realizadas utilizando o teste de *Allium cepa* para avaliar a ação antiproliferativa e genotóxica (MAMBRÍ, 2016; PINHEIRO, 2016; KUHN, 2018). Pinheiro (2016) analisando o óleo essencial de alecrim, na concentração de 0,20 %, observou que este não se mostrou genotóxico e que o efeito antiproliferativo foi observado apenas para aquele obtido das plantas cultivadas sob condição salina (5,0 dSm<sup>-1</sup>). O autor atribuiu esses resultados à composição química do óleo, que nesse tratamento alcançou teores maiores de eugenol, verbenone, borneol e alfa-cafeno. Cabe ressaltar, que as propriedades terapêuticas dos óleos essenciais dependem de sua composição e esta é influenciada por fatores genéticos, ambientais e de manejo, ou seja, à medida que se for desenvolvendo novas técnicas de cultivos, é interessante avaliar se o óleo essencial produzido a partir dessas possuem propriedades desejadas para fins medicinais.

Desta forma, o trabalho teve como objetivo avaliar a citogenotoxicidade do óleo essencial de *Salvia officinalis* cultivadas em ambiente protegido sem solo, sob diferentes concentrações e composições de soluções nutritivas sobre o material genético de *Allium cepa*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A sálvia (*Salvia officinalis*) utilizada na extração do óleo essencial foi cultivada em ambiente protegido, sem solo, coberto com polietileno aditivado anti-UV com 100µm de espessura, no departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O clima da região, segundo a classificação climática de Köppen é subtropical úmido "Cfa".

Foram realizados dois experimentos nos quais as mudas foram obtidas em comércio local e depois foram transplantadas para vasos de polipropileno de 3 dm<sup>3</sup>. No primeiro experimento, os vasos foram preenchidos com substrato comercial H. Decker Hortaliças<sup>®</sup>, e no segundo, com areia. Cada experimento foi constituído por cinco bancadas, formadas por telhas de fibrocimento. As telhas eram de 3,65 m de comprimento, 1 m de largura, e 0,8 m de altura, e foram apoiadas a uma estrutura de alvenaria formando uma declividade de 1 %. Sobre os canais das telhas (0,06 m de altura e 0,18 m) foi colocado brita basáltica média, utilizada na construção civil. Para realizar a fertirrigação, foram utilizadas fitas gotejadoras, sendo estas organizadas de forma que ficasse um gotejador por planta. A solução nutritiva era armazenada em um reservatório, cujo volume máximo era de 500 litros, sendo este completado como água ou solução nutritiva sempre que o volume era igual ou inferior a 50 % do inicial.

O primeiro experimento foi realizado em setembro de 2016 a fevereiro de 2017, no qual foram testadas cinco concentrações de solução nutritiva (1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 dSm<sup>-1</sup>). A solução nutritiva empregada como base foi a descrita por Frescura (2018), para a cultura do alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), cuja condutividade padrão é de 1,0 dSm<sup>-1</sup> e a composição iônica é em mmol.L<sup>-1</sup>: 8,3 de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 0,3 de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; 0,7 de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>; 5,7 de K<sup>+</sup>; 1,5 de Ca<sup>2+</sup>; 1,25 de Mg<sup>2+</sup> e 1,25 de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Os micronutrientes foram fornecidos nas concentrações de, em mg.L<sup>-1</sup>, 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu; 0,50 de Mn; 22 de Zn e 1,0 mg.L<sup>-1</sup> de Fe na forma quelatizada. As diferentes CEs foram alcançadas a partir de concentrações múltiplas da solução padrão.

O segundo experimento foi realizado de setembro de 2017 a janeiro de 2018, neste foram testadas cinco composições de soluções nutritivas (variando concentrações altas (a) e baixas (b) dos nutrientes), incluindo a testemunha que é a solução padrão de Frescura (2018), utilizada no experimento I. As diferentes composições de soluções nutritivas estão descritas na tabela 1. Cabe ressaltar que a condutividade elétrica mantida foi de 1,0 dSm<sup>-1</sup> para todos os tratamentos.

Tabela 1 – Composições das soluções nutritivas empregadas no cultivo, em ambiente protegido e sem solo, de *Salvia officinalis*. Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria, 2018.

Tratamento	Concentração iônica (mmol L <sup>-1</sup> )				
	N total	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
*Testemunha: (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	9,30	0,70	3,00	1,50	1,0

Solução 1 (S1): (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	14,30	1,50	8,00	2,00	1,0
Solução 2 (S2): (N) <sub>a</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	14,60	2,50	5,50	4,00	2,0
Solução 3 (S3): (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	9,00	1,00	7,00	1,25	0,5
Solução 4 (S4): (N) <sub>b</sub> – (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	9,20	1,00	3,00	3,00	2,0

\*Solução testemunha baseada na de Frescura et al., 2018.

Para manter as CEs ideais de cada tratamento, foram realizadas medições dessa variável, com o auxílio do condutivímetro, pelo menos de três vezes por semana, e quando necessário eram feitas as correções. Essas, por sua vez, eram realizadas quando havia um desvio de 10 % para mais ou para menos, podendo ser acrescentado água ou alíquotas de nova solução dependendo da necessidade. O pH foi medido com a mesma frequência da CE, com o auxílio do pHmetro, e, se apresentasse 0,2 unidades a mais ou a menos da margem de 5,5 a 6,5, eram realizadas as correções necessárias, ou seja, adicionando NaOH ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> na concentração 1 N, conforme a necessidade.

Para a extração do óleo essencial foi realizada a coleta de quatro plantas por tratamento, 150 e 130 dias após o plantio (DAP), no primeiro e segundo experimento, respectivamente. Depois de coletadas, as folhas foram armazenadas em freezer à temperatura de -4 °C até o momento da extração do óleo essencial.

A extração foi realizada no laboratório de Biometria do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), através do aparelho de Clevenger pelo processo de hidrodestilação. Para realizar a extração foram preparadas quatro amostras de 150 g de folhas de cada tratamento, constituindo assim quatro repetições.

O óleo essencial foi diluído em etanol, a uma concentração de 0,25 %, para a realização da avaliação do seu efeito genotóxico e antiproliferativo sobre o material genético e ciclo celular de *Allium cepa*. Este teste foi realizado no Laboratório de Citogenética Vegetal e Genotoxicidade do Departamento de Biologia da UFSM. Foram utilizados 13 grupos de quatro bulbos, ou seja, 13 tratamentos com quatro repetições cada. Dos 13 tratamentos, três foram controles: o etanol, no qual o óleo foi diluído; a água destilada como o controle negativo e o glifosato a 2 % como controle positivo.

As cebolas foram colocadas para enraizarem por aproximadamente 96 horas, em água destilada. As raízes, então, foram mantidas em contato com os tratamentos (tabela 2) por 24 horas. Passado esse período elas foram cortadas e transferidas para o fixador etanol: ácido

acético (3:1) por 24 horas. E logo após acondicionadas em recipientes com etanol 70 % e mantidas sob refrigeração até o momento da preparação das lâminas para as leituras.

Tabela 2 –Descrição dos tratamentos utilizados para o teste de *Allium cepa*. Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria, 2018.

Tratamento	Descrição do Tratamento
T1	Glifosato 2%
T2	Água destilada
T3	Etanol
T4	OE 0,25% - CE 1,0 dS m <sup>-1</sup>
T5	OE 0,25% - CE 2,0 dS m <sup>-1</sup>
T6	OE 0,25% - CE 3,0 dS m <sup>-1</sup>
T7	OE 0,25% - CE 4,0 dS m <sup>-1</sup>
T8	OE 0,25% - CE 5,0 dS m <sup>-1</sup>
T9	OE 0,25% - solução padrão
T10	OE 0,25% - (N) <sub>a</sub> - (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>
T11	OE 0,25% - (N) <sub>a</sub> - (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>
T12	OE 0,25% - (N) <sub>b</sub> - (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>
T13	OE 0,25% - (N) <sub>b</sub> - (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>

OE = óleo essencial; CE = condutividade elétrica

A preparação das lâminas foi realizada pela técnica do esmagamento (GUERRA; SOUZA, 2002) e o material corado comorceína acética 2 %. As lâminas foram analisadas em microscópio ótico com aumento de 40 vezes. Para a determinação do índice mitótico (IM) e do número de alterações cromossômicas (AC) foram analisadas 2000 células por tratamento. Sendo o IM calculado a partir do número de células em divisão dividido pelo número total de células e o índice de alteração cromossômica calculado a partir do número de alterações encontradas dividido pelo número total de células. Os dois resultados foram multiplicados por 100, para os valores serem apresentados em porcentagem.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e em seguida as diferenças entre as médias das variáveis foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade de erro. Os testes foram realizados com o auxílio do programa SISVAR®, versão 5.3.



### 3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Os possíveis efeitos antiproliferativo e genotóxico do óleo essencial de sálvia na concentração de 0,25 % foram avaliados através do sistema teste vegetal de *Allium cepa*. O número de células em interfase, em divisão celular, bem como o índice mitótico (IM) e o número de alterações cromossômicas (AC) são mostrados na tabela 3.

Tabela 3 – Número de células em interfase e em divisão, índice mitótico e alterações cromossômicas de pontas de raízes de *Allium cepa* submetidas aos tratamentos com óleo essencial de *Salvia officinalis*, cultivada em ambiente protegido sem solo Santa Maria, RS, Universidade Federal de Santa Maria, 2018.

Descrição do Tratamento	N ° de Células em interfase	N ° Células em divisão	IM (%)	AC
T1 = Glifosato 2%	1932	68	3,25 D	1
T2 = Água destilada	1785	215	10,75 A	0
T3 = Etanol	1923	77	3,75 D	0
T4 = OE 0,25 % - CE 1,0 dS m <sup>-1</sup>	1879	121	5,75 C	0
T5 = OE 0,25 % - CE 2,0 dS m <sup>-1</sup>	1913	87	4,00 D	0
T6 = OE 0,25 % - CE 3,0 dS m <sup>-1</sup>	1882	118	6,00 C	1
T7 = OE 0,25 % - CE 4,0 dS m <sup>-1</sup>	1936	64	3,00 D	0
T8 = OE 0,25 % - CE 5,0 dS m <sup>-1</sup>	1940	60	3,00 D	0
T9 = OE 0,25 % - solução padrão	1909	91	4,50 D	0
T10 = OE 0,25 % - (N) <sub>a</sub> - (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	1882	118	5,75 C	1
T11 = OE 0,25 % - (N) <sub>a</sub> - (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	1913	87	4,50 D	0
T12 = OE 0,25 % - (N) <sub>b</sub> - (K) <sub>a</sub> (Ca + Mg) <sub>b</sub>	1872	128	6,25 C	0
T13 = OE 0,25 % - (N) <sub>b</sub> - (K) <sub>b</sub> (Ca + Mg) <sub>a</sub>	1841	159	8,00 B	0

OE = óleo essencial; IM = índice mitótico; AC= alterações cromossômicas. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ).

Observa-se que, para todos os tratamentos, houve diferença significativa do índice mitótico, quando comparados à água destilada, ou seja, o óleo essencial de sálvia na concentração de 0, 25 % se mostrou antiproliferativo, uma vez que inibiu a divisão celular de *A. cepa*. Podendo destacar os tratamentos T7 e T8, os quais inibiram em mais de 70 % a divisão celular (IM = 3%). Tais óleos foram obtidos a partir de plantas cultivadas com solução nutritiva cuja condutividade elétrica era de 4,0 e 5,0 dSm<sup>-1</sup>, respectivamente.

Os óleos essenciais são constituídos de uma mistura de vários compostos, sendo assim a interação desses e/ou a predominância de determinados constituintes podem caracterizarem uma atividade biológica. A antiproliferatividade é uma delas, e essa por sua vez, é de interesse comercial, tendo em vista que inibe a divisão celular. Cabe ressaltar que quando células

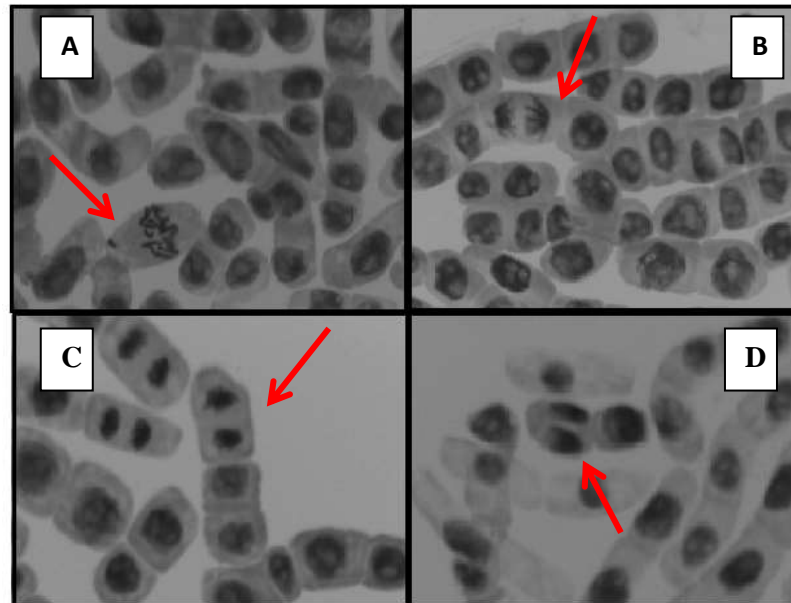
começam a se dividir de forma desordenada, podem desencadear a formação de tumores malignos (PANATHUR et al., 2013). Sendo assim, pesquisas direcionadas para a descoberta de compostos bioativos que impedem a divisão celular é de fundamental importância.

Alexa et al. (2018) avaliando os efeitos antiproliferativo, antifúngico e alelopático do óleo essencial da *Salvia officinalis*. e do *Thimus vulgaris*., em duas concentrações (50 e 100  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ ), observaram que os óleos essenciais se mostraram antiproliferativos em duas linhagens celulares de melanoma (melanoma humano A375 e de camundongo B164A5). Segundo os resultados, o óleo essencial de sálvia a uma concentração de 100  $\mu\text{g.mL}^{-1}$  apresentou uma taxa de inibição de 50,5 % para a linha celular de melanoma murino (camundongo) e 47,5 % para a linha celular de melanoma humano. Esses resultados podem ser atribuídos à composição química do óleo essencial da sálvia que geralmente apresenta como principais compostos a cânfora, tujonas e 1,8 cineol (GARCIA et al., 2016, GRDISA et al., 2015, SABRY et al., 2016).

Estudos foram realizados por Privitera et al. (2014) com o objetivo de analisar o efeito de duas concentrações (100 e 200  $\mu\text{g. mL}^{-1}$ ) do óleo essencial da sálvia e de seus três principais compostos em células de câncer de pulmão humano. Os autores observaram que, para a dose de 100  $\mu\text{g.mL}^{-1}$ , o óleo essencial não se mostrou antiproliferativo, no entanto quando foi utilizado o tratamento com a mistura de tujona, 1,8-cineol e cânfora, com essa mesma dose cada, houve inibição do crescimento de linhas celulares, após 48 horas de tratamento. Para a concentração de 200  $\mu\text{g. mL}^{-1}$ , do óleo essencial, bem como, das misturas dos principais compostos, houve uma inibição celular após 72 horas de tratamento. Os autores atribuíram tais resultados ao efeito sinérgicos dos principais compostos encontrados no óleo essencial da sálvia, uma vez que, quando foram feitas combinações com esses compostos, observou-se efeito antiproliferativo em doses menores do que a do óleo essencial.

Quanto à ação genotóxica, não foram observadas nas células das cebolas alterações cromossômicas em número significativo. Apenas no T1 foi observada uma célula binucleada, no T6 uma metáfase com cromossomo perdido e no T11 uma anáfase com ponte, conforme figura 1.

Figura 1 – Células meristemáticas de pontas de raízes de *Allium cepa*. A – cromossomo perdido (indicado pela seta) em célula de tratamento com óleo essencial de *Salvia officinalis*, a 0,25 %, extraído a partir das plantas que foram cultivadas com CE de 3,0 dSm<sup>-1</sup> (T6); B – célula normal em anáfase (T2 - controle negativo em água destilada); C – célula normal em telófase (T2); D – Célula binucleada, indicada pela seta (T1 - controle positivo em glifosato 2%).



Fonte: (PINHEIRO, 2019)

Estudos já foram realizados para testar a ação genotóxica do óleo essencial de *Salvia officinalis*, Diab et al. (2018) estudaram, a segurança e a atividade moduladora do óleo essencial de *Salvia officinalis* (SEO) contra o possível efeito genotóxico do tetracloreto de carbono (CCl<sub>4</sub>), na medula óssea de camundongos e células germinativas masculinas. Este teste foi analisado por tratamento oral com diferentes concentrações do óleo essencial (0,1, 0,2 e 0,4 mL / kg de animal), por 10 dias. Para avaliar o efeito protetor do SEO foi realizado um tratamento simultâneo com o CCl<sub>4</sub> + SEO. Os resultados mostraram que as três concentrações de SEO eram seguras e não genotóxicas, e que esse pode ser um modulador de danos genéticos e alterações histológicas induzidas pelo CCl<sub>4</sub> nos testículos.

Pesquisas relacionadas à ação genotóxica de óleos essenciais são de fundamental importância para alertar a população quanto ao seu uso, garantindo maior segurança no consumo. Cabe ressaltar, ainda, que testes que avaliam alteração no material genético são muito utilizados para desenvolver novos fármacos, tendo em vista que esses conferem informações

sobre a capacidades de novos medicamentos causarem alterações cromossômicas, que podem resultar em mutações (LAVANDEIRA, 2014).

De forma geral, pode-se dizer que, apesar dos diferentes tratamentos testados, o óleo essencial da *Salvia officinalis* apresenta efeito antiproliferativo e não genotóxico. No entanto, o que pode variar é a intensidade desse efeito, ou seja, os óleos essenciais que foram obtidos de tratamentos cujas CEs eram mais elevadas a inibição celular foi mais acentuada.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXA, E.; SUMALAN, R.M.; DANCUN, C.; OBISTIOIU, D.; NEGREA, M.; POIANA, M. A.; RUS, C.; RADULOV, I.; POP, G.; DEHELEAN, C.; Synergistic Antifungal, Allelopathic and Anti-Proliferative Potential of *Salvia officinalis* L., and *Thymus vulgaris* L. Essential Oils. **Molecules**, v. 23, n. 1, 2018, p. 1-15.

ATHANÁSIO, C.G.; PRÁ, D.; RIEGER, A. Water quality of urban streams: the *Allium cepa* seeds/seedlings test as a tool for surface water monitoring. **Scientific World Journal**. v.2014, p.1-7, 2014.

CABUGA JUNIOR, C. C.; ABELADA, J. J. Z.; APOSTADO, R.R.T.; HERNANDO, B. J. H.; LADOR, J.E.C.; OBENZA, O. L.P.; PRESILDA, C.J.R.; HAVANA, H.C. *Allium cepa* test: An evaluation of genotoxicity. **International Academy of Ecology and Environmental Sciences**. v. 7, n.1, p.12-19. 2017.

CIAPPINA, A. L.; FERREIRA, A. F.; PEREIRA, I. R.; SOUSA, T.R.; MATOS, F.S.; REIS, P. R. M.; GONÇALVES, P.J.; BAILÃO, E. F. L. C.; ALMEIDA, L.M.; Toxicity of *Jatropha curcas* L. Latex in *Allium cepa* test. **Journal Bioscience**, v. 33, n. 5, p. 1295-1304, 2017.

DATTA, S.; SINGH, J.; SINGH, J.; SINGH, S.; SINGH, S.; Assessment of genotoxic effects of pesticide and vermicompostreated soil with *Allium cepa* test. **Sustainable Environment Research**, v. 28, p.171-178, 2018.

DIAB K.; FAHMY, M. A.; HASSAN, Z. M.; SALAMA, A. B.; OMARA, E. A. Genotoxicity of carbon tetrachloride and the protective role of essential oil of *Salvia officinalis* L. in mice using chromosomal aberration, micronuclei formation, and comet assay. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 2, p. 1621-1636, 2018.

DUARTE, M. N.; NOGUEIRA, M. A. A.; PASCHOAL, J. F.; MIRANDA, A. L.; MONSORES, G. L.; COSTA, L. A. L.; BRAGA, E. S.; BRAGA, B.B. RODRIGUES, W. C.; Avaliação da qualidade ambiental através do teste da cebola (*Allium cepa* L.) Exposta diretamente em leito de rios urbanos. **Revista Teccen**, v.7, n. 1/2, p. 5-10, 2014.

FARIA, M.L.C., COSTA, F. M.; SILVA, C.S.; BOSCO, R. M.V.; Potencial de citotoxicidade e mutagenicidade das águas do rio Jaru, Estado de Rondônia, em células de *Allium cepa* L. **Gaia Scientia**. v.11, n. 2, p.104-114, 2017.

FRESCURA, V.D.; BOLIGON, A. A.; BARBOSA, F.M.; SOUZA, J.M.; LERNER, M.A.; Laughinghouse, H. D.; SILVA, C.B.; ANDRIOLO, J. L.; LOPES, S. J.; TEDESCO, S. B. Nutrient solution concentration and collection time in phytomass production, content, yield and chemical composition of essential oil of rosemary. **Journal of Plant Nutrition**, v.41, n. 10, p.1293-1302, 2018.

GARCIA, C. S. C, MENTI, C.; LAMBERT, A. P. F.; BARCELLOS,T.; MOURA, S.; CALLONI, C.; BRANCO, C. S.; SALVADOR, M.; ROBESCH-ELY, M.; HENRIQUES, J. A. P. Pharmacological perspectives from Brazilian *Salvia officinalis* (Lamiaceae): antioxidant, and antitumor in mammalian cells. **Brazilian Academy of Sciences**, v.88, n.1, p.281-292, 2016.

GHORBANI, A.; ESMAEILIZADEHB, M. Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. **Journal of Traditional and Complementary Medicine**, v. 7, n.4, p.433-440, 2017.

GOUJON, E. STA, C.; TIVELLA, A.; GOUPIL, P.; RICHARD, C.; LEDOIGT, G.; Genotoxicity of sulcotrione pesticide and photoproducts on *Allium cepa* root meristem. Pesticide **Biochemistry and Physiology**. v. 113, p. 47-54, 2014.

GRDISA, M.; JUG-DUJAKOVIC, M.; LONCARIC, M.; CAROVIC-STANKO, K.; NINCEVI, T.; LIBER, Z.; RADOSAVLJEVIC, I. SATOVIC, Z. Dalmatian sage (*Salvia officinalis* L.): a review of biochemical contents, medical properties and genetic diversity. **Agriculturae Conspectus Scienti**, v. 80, n.2, p. 69-78, 2015.

GUERRA, M. & SOUZA, M.J. **Como observar cromossomos**: um guia de técnicas em citogenética vegetal, animal e humana. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2002, 132 p.

HISTER, C. A. L.; PASQUALI, M. TRAPP, K.C.; STEFANELLO, R.; BOLIGON. A. A.; CAMPO, M. M. A.; TEDESCO, S.B.; Atividade antiproliferativa e determinação dos compostos fenólicos de extratos aquosos de amoreira-preta (*Rubus* sp.) pelo sistema teste in vivo de *Allium cepa* L. **Revista Brasileira Biociência**. v.15, n.1, p.43-48. 2017.

KUHN, A. W., **Manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) sob diferentes períodos de estresse salino, fitomassa fitoquímica e citogenotoxicidade**. 2018. 82f, Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2018.

LAVANDEIRA, F.M.F. **Ensaio toxicológicos pré-clínicos na avaliação da segurança de novos fármacos**. 2014. 70p, Dissertação-(Mestrado em Ciências Farmacêuticas)- Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2014.

LEMLE, K.L. *Salvia officinalis* used in pharmaceutics. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.2018.

MAMBRÍ, A.P.S., **Lavandula dentata L. sob o efeito da radiação solar e de diferentes épocas de colheita**. 77p, 2016. Dissertação-(Mestrado em Agrobiologia) -Univesidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

PASQUALLI, M.; TEDESCO, M.; TEDESCO, S.B. Potencial antiproliferativo e genotóxico de extratos de *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk. pelo teste de *Allium cepa* L. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.21, p.2365-2372, 2015.

PANATHUR, N., DALIMBA, U., KOUSHIK, P.V., ALVALA, M., YOGEE SWARI, P., SRIRAM, D., KUMAR, V. Identification and characterization of novel indole based small molecules as anticancer agents through SIRT1 inhibition. **European Journal of Medicinal Chemistry**, v.69, p.125-138. 2013.

PINHEIRO, S. M. G, **Crescimento, composição fitoquímica e efeito genotóxico do óleo essencial em alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) sob diferentes períodos de salinidade**. 52p, 2016. Dissertação- (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

PRIVITERA, G.; NAPOLI, E.; LUCA, T.; RUBERTO, G.; CASTORINA, S.; In vitro Anti-Proliferative Effect of *Salvia officinalis* Essential Oil and its Three Main Components on Human Lung Cancer Cells. **American journal of phytomedicine and clinical therapeutics**. v. 2, n.10, p. 1159-1168.2014.

SABRY, R.M.; KANDIL, M.A.M.; AHMED, S.S.; Growth and Quality of Sage (*Salvia officinalis*), Parsley (*Petroselinum crispum*) and Nasturtium (*Tropaeolum majus*) as Affected by Water Deficit. **Middle East Journal of Agriculture**. v.5, n.3, p. 286-294, 2016.

SOOKTO, T.; SRITHAVAI, T.; THAWEBON, B.; SHRESTHA, B. *In vitro* effects of *Salvia officinalis* L. essential oil on *Candida albicans*. **Asian Pac J Trop Biomed**. v.3, n.5, p.376-380, 2013.

## 2. DISCUSSÃO GERAL

O cultivo de plantas em ambiente protegido sem solo pode ser uma alternativa para o cultivo convencional, tendo em vista que reduz a sazonalidade, possibilita melhor sistematização de tecnologias para o controle eficiente da irrigação, temperatura e umidade relativa do ar, diminui os efeitos adversos do ambiente (ventos, chuvas, geadas, etc), além de minimizar danos ao meio ambiente, tendo em vista que essa técnica pode ser realizada em sistema fechado, não havendo descarte da solução no ambiente (CARINE, 2016; ANDRIOLO, 2017)

Para algumas culturas, como a alface, o cultivo em ambiente protegido sem solo está consolidado (CARDOSO, 2018). Entretanto, para espécies aromáticas e medicinais, cuja finalidade da produção é a extração de óleos essenciais, os estudos ainda são incipientes. Plantas cultivadas para tal finalidade necessitam de um maior controle dos fatores ambientais externos, bem como das técnicas de manejo, uma vez que os óleos essenciais são resultados do metabolismo secundário dos vegetais, ou seja, sua síntese está diretamente ligada às relações da planta com o meio na qual é cultivada.

Neste tipo de sistema, geralmente, o fornecimento dos nutrientes é feito através de soluções nutritivas (ANDRIOLO, 2017). Sendo necessário, portanto, estabelecer uma solução ideal para a espécie a fim de atender as exigências nutricionais das plantas e alcançar maior rendimento e qualidade do produto.

Analisando em conjunto o primeiro e segundo artigo, observou-se que para um maior rendimento de óleo essencial da sálvia a condutividade elétrica da solução nutritiva deve ser mantida em  $1,0 \text{ dS m}^{-1}$  e a composição dessa solução deve apresentar concentrações baixas de N ( $9,20$  a  $9,30 \text{ mmol L}^{-1}$ ) associadas à relação catiônica baixa ( $0,30$ ) ou próxima a  $1,00$ , podendo a coleta ser realizada a partir dos 130 ou 150 DAP.

Esses resultados foram superiores aos obtidos por Zawíslak, (2014), demonstrando que esse tipo de sistema favorece a produção de óleo essencial, uma vez que o rendimento obtido no atual trabalho foi aproximadamente 70 % a mais do que o alcançado por Zairovisk, (2014) o qual cultivou a sálvia em sistema de cultivo convencional. Outro fator que se pode destacar ao comparar esses dois trabalhos é que no sistema de cultivo em ambiente protegido sem solo a colheita pode ser realizada mais precoce, sem comprometer o rendimento do óleo essencial. Sendo esse, um fator muito importante pois reduz os custos do produtor com o manejo durante o cultivo, além de proporcionar uma oferta de matéria prima mais escalonada.

Cabe ressaltar que quando o objetivo é extração de óleo essenciais é de fundamental importância considerar não somente o rendimento, mas a composição química desse, ou seja, obter um produto que atenda as exigências do mercado. Então, nos dois artigos foram avaliados a composição do óleo essencial e foi observado que os principais compostos encontrados foram a cânfora e tujona, que por sua vez, caracterizam o óleo essencial da espécie (GRDISA et al., 2015).

Os compostos encontrados nos óleos essenciais, devido as suas propriedades biológicas, vêm despertando interesse de alguns setores industriais, principalmente na indústria farmacêutica e de cosméticos, que se utilizam dessas propriedades para formular novos produtos.

No artigo três foi avaliada a antiproliferatividade do óleo essencial de sálvia e de acordo com os resultados encontrados se constatou que esse óleo na concentração de 0,25 % obtido de plantas cultivadas em diferentes condutividades elétricas e composições de soluções nutritivas tem ação antiproliferativa. Ressaltando que a antiproliferatividade tem sido muito buscada dentre os compostos de plantas medicinais, uma vez que se trata de um efeito contrário aos carcinógenos (KUNH, 2018).

Através dos resultados foi possível observar ainda, que o óleo de sálvia não é genotóxico, ou seja, não causou números significativos de alteração no material genético de *Allium cepa*, característica também importante pois a genotoxicidade de determinada substância pode causar mutações genéticas (BIANCHI, 2008)

De forma geral, baseando-se nos dados obtidos, verifica-se que o cultivo sem solo em ambiente protegido é uma alternativa viável para a produção de óleo essencial de sálvia garantido resultados satisfatórios para o rendimento e qualidade desse.



#### 4. CONCLUSÃO

- A solução nutritiva ideal para o cultivo da sálvia deve apresentar CE de  $1,0 \text{ dS m}^{-1}$  com concentrações baixas de N ( $9,20$  a  $9,30 \text{ mmol L}^{-1}$ ) associadas à relação catiônica baixa ( $0,30$ ) ou próxima a  $1,00$ . Quanto à coleta, esta deve ser realizada a partir dos 130 ou 150 DAP.
- A espécie da sálvia é moderadamente sensível à CE de  $5,0 \text{ dS m}^{-1}$ .
- Os principais compostos encontrados no óleo essencial da sálvia são a cânfora e tujona.
- O óleo essencial de sálvia a uma concentração de  $0,25 \%$ , apresenta efeito antiproliferativo e não é genotóxico.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, J.L. **Olericultura Geral**. Santa Maria: UFSM, 2017. 93p.

ANDRIOLO, J.L. et al. Doses de potássio e cálcio no crescimento da planta, na produção e na qualidade de frutas do morangueiro em cultivo sem solo. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p.267-272, 2010.

AVATO, P. et al. Glandular hairs and essential oils in micropropagated plants of *Salvia officinalis* L. **Plant Science**, v. 169, n. 1, p.29-36, 2005.

BEGATINI, M. D. et al. Uso do sistema teste de *Allium cepa* como bioindicador de genotoxicidade de infusões de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.17, n.3, p.444-447, 2007.

BERGO, C. L. et al. Efeito da época e frequência de coleta de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) no rendimento de óleo essencial. **Acta Amazonica**, v.35, n.2, p.111-117, 2005.

BIANCHI, J. **Análise dos efeitos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos do inseticida malation, utilizando os sistemas teste de *Allium cepa* e células de mamíferos**. 165p, 2008. Dissertação- (Mestrado em Ciências Biológicas)-Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP.

BIASI, LA.; DESCHAMPS. **Descrição de algumas plantas aromáticas**. 1 ed. Curitiba: Layer Studio Gráfico e Editora, 2009, 159p.

BLANCK, A. F. et al. Espaçamento de plantio e intervalos de colheita na biomassa e no óleo essencial de gerânio. **Horticultura Brasileira**, v.30, n.4, p.740-746, 2012.

CABRERA, G.L.; RODRIGUEZ, D.M.G. **Genotoxicity** of soil from farmland irrigated with wastewater using three plant bioassays. **Mutation Research**, v. 426, n.2, p.211-214, 1999.

CAMPAROTO, M.L. et al. Effects of *Maytenus ilicifolia* Mart. and *Bauhinia candicans* Benth infusions on onion root-tip and rat bone-marrow cells. **Genetics and Molecular Biology**, v.2, n.1, p.85-89, 2002.

CARDOSO, F.L. Nitrogênio e água no crescimento de cultivares de alface. 73p, 2016. Tese- (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

CARINI, F. Sistemas de cultivo sem solo para a cultura do tomateiro sob uma perspectiva de baixo impacto ambiental. 99p, 2016. Dissertação- (Mestrado em Agronomia) -Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS.

COSTA, J et al. **Estudo de diversas espécies da flora autóctone mediterrânea com interesse ornamental**. 2000. Algarve, 29p.

EL HADRI, A. et al. Cytotoxic activity of alphahumulene and trans-caryophyllene from *Salvia officinalis* in animal and human tumor cells. **Anales de la Real Academia Nacional de Farmácia**, v. 76, n.3, p.343-356, 2010.

FARMACOPÉIA BRASILEIRA, **Formulário de Fitoterápicos Farmacopeia Brasileira**, 1.ed. Anvisa: São Paulo, 2011. 125p.

FERREIRA, M.E et al. **Plantas aromáticas e medicinais: Produção e valor econômico**. 2012. Almodôvar , 70P.

FREITAS, M. S.M. **Flavonóides e nutrientes minerais em folhas de maracujazeiro amarelo e deficiência de macronutrientes e boro em maracujazeiro doce**. 2006. 119f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)- Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.

FRESCURA, V. D. S et al. Post-treatment with plant extracts used in Brazilian folk medicine caused a partial reversal of the antiproliferative effect of glyphosate in the *Allium cepa* test. **Biocell**, v.37, n.2, p.23-28, 2013.

FRESCURA, V. D. S. **Parâmetros fitoquímicos, genotóxicos de crescimento de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em diferentes salinidades e doses de nitrogênio**. 2014. 111p. Tese (Doutorado em Agronomia)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

FURLANI, P. R. et al. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52p. Boletim Técnico IAC, 180.

GRDISA, M.; JUG-DUJAKOVIC, M.; LONCARIC, M.; CAROVIC-STANKO, K.; NINCEVI, T.; LIBER, Z.; RADOSAVLJEVIC, I. SATOVIC, Z. Dalmatian sage (*Salvia officinalis* L.): a review of biochemical contents, medical properties and genetic diversity. **Agriculturae Conspectus Scienti**, v. 80, n.2, p. 69-78, 2015.

GRUDA, N. Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables?. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 82, p.141-147, 2009.

HERNÁNDEZ, C.M.L et al, Establecimiento de un método de propagación vegetativa para *Salvia officinalis* L. **Revista Cubana Plantas Medicinai**s, v.5, n.1, 2000.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water**: culture method for growing plants without soil. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 32p.

KUHN, A. W., **Manjeriçã (*Ocimum basilicum* L.) sob diferentes períodos de estresse salino, fitomassa fitoquímica e citogenotoxicidade**. 2018. 82f, Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, RS.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. 2008. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas cultivadas**. 2.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum,544P.

LUZ, A. C. et al. Avaliação do potencial citotóxico e genotóxico de *Plantago major* L. em sistemas teste in vivo. **Revista Brasileira de Plantas Medicinai**s, v.14, n.4, p.635-642, 2012.

MAIA, N. B. et al. Essential oil production and quality of *Mentha arvensis* L. grower in nutrient solutions. **Acta Horticulturae**, v.548, n. 19, p.181-187, 2001.

Morais, L.A.S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 4050-4063, 2009.

PARDOSSI, A. et al. **Fertigation and Substrate Management in Closed Soilless Culture**. Pisa: University of Pisa, Dipartimento di Biologia delle Piante Agrarie. 2011. 64p.

PASQUALLI, M. et al. Potencial antiproliferativo e genotóxico de extratos de *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk. pelo teste de *Allium cepa* L. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.21, p.2365-2372, 2015.

PINHO, D.S. et al. Avaliação da atividade mutagênica da infusão de *Baccharis trime-ra* (Less.) DC. em teste de *Allium cepa* e teste de aberrações cromossômicas em linfócitos humanos. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n.2, p.165-170, 2010.

POVH, J.A.; ONO, E.O. Rendimento de óleo essencial de *Salvia officinalis* L. sob ação de reguladores vegetais. **Acta Sci. Biol. Sci**, v. 28, n. 3, p. 189-193, 2006.

POVH, J.P. **Reguladores desenvolvimento de *Salvia officinalis* L.: avaliações fisiológicas, bioquímicas e fitoquímicas**. 2008. 115p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

PURVES, D. et al. Genotoxicity testing: current practices and strategies used by the pharmaceutical industry. **Mutagenesis**, 10, n. 4, p. 297-312, 1995.

RODRIGUES, C.R. et al. Nutrição mineral, crescimento e teor de óleo essencial da menta em solução nutritiva sob diferentes concentrações de fósforo e épocas de coleta. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.3, p.573-578, 2004.

SANTOS, C.A.M. 1987. **Plantas medicinais: herbarium flora et scientia**. Curitiba: Scientia et Labor, 140p.

SANTOS, V. B. et al. Produção hidropônica de orégano (*origanum vulgare*) e agrião da terra (*barbarea verna*), em diferentes concentrações de solução nutritiva. **Horizonte Científico**, v.2, n.1, p.1-20, 2008.

SANTOS, O. S. **Cultivo hidropônico**. Santa Maria: UFSM/CCR. 2012. 263p.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5. Ed. Porto Alegre: UFRGS, p. 467-495, 2017.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. Disponível em : <https://www.sna.agr.br/oleos-essenciais-uma-fonte-de-divisas-a-ser-mais-explorada-no-brasil-2/>. Acessado em: 18 de outubro de 2018.

SOUZA, M. A.A. **Produção de biomassa e rendimento de óleos essenciais de plantas de hortelã (*Mentha piperita*) em cultivo hidropônico com diferentes concentrações de nitrogênio e fósforo.** 2006. 77p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

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

TEDESCO, S.B.; LAUGHINGHOUSE I.V,H.D. **Bioindicator of Genotoxicity: The *Allium cepa*.** Test. In: Environmental Contamination. Rijeka: **Intech Publisher**, 2012. 137-156p.

VALMORBIDA, J. et al. Rendimento e composição química de óleos essenciais de *Mentha piperita* L. cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.8, n.4 p.56-61, 2006.

VARANDA, E.A Atividade mutagênica de plantas medicinais. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 27, n.1, p.1-7,2006.

XAVIER, C.P. et al. *Salvia fruticosa*, *Salvia officinalis*, and *Rosmarinic Acid* induce apoptosis and inhibit proliferation of human colorectal cell lines: the role in MAPK/ERK pathway. **Nutr Cancer**, v.61, n.4, p.564-571, 2009.

ZAWISŁAK, G Yield and chemical composition of essential oil from *salvia officinalis* l. in third year of cultivation. **Herba Polonica Journal**, v.60, n.3, 2014.