

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

Jéssica Maronez de Souza

**PRODUÇÃO DE FITOMASSA DE MANJERONA E MENTA EM
INTERVALOS DE COLHEITA E DE ÓLEO ESSENCIAL EM
ESTAÇÕES DO ANO**

Santa Maria, RS

2020

Jéssica Maronez de Souza

**PRODUÇÃO DE FITOMASSA DE MANJERONA E MENTA EM INTERVALOS DE
COLHEITA E DE ÓLEO ESSENCIAL EM ESTAÇÕES DO ANO**

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: Prof. Dr. Alberto Cargnelutti Filho

Santa Maria, RS
2020

de Souza, Jéssica Maronez

Produção de fitomassa de manjerona e menta em intervalos de colheita e de óleo essencial em estações do ano / Jéssica Maronez de Souza.- 2020.

143 p.; 30 cm

Orientador: Alberto Cargnelutti Filho

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Agronomia, RS, 2020

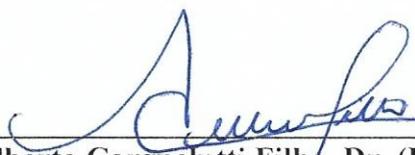
1. Origanum majorana L. 2. Mentha x piperita L. 3. Fitomassa 4. Óleos essenciais I. Cargnelutti Filho, Alberto II. Título.

Jéssica Maronez de Souza

PRODUÇÃO DE FITOMASSA DE MANJERONA E MENTA EM INTERVALOS DE COLHEITA E DE ÓLEO ESSENCIAL EM ESTAÇÕES DO ANO

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**.

Aprovado em 18 de fevereiro de 2020:



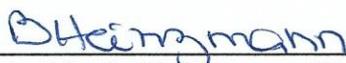
Alberto Cargnelutti Filho, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Alexandra Augusti Boligon, Dra. (UNIPAMPA)



Carine Cocco, Dra. (UCS)



Berta Maria Heinzmann, Dra. (UFSM)



Marcos Toebe, Dr. (UFSM)

Santa Maria, RS
2020

AGRADECIMENTOS

À Deus que permitiu que eu chegasse até aqui, vencendo os desafios que surgiram ao longo da caminhada.

Ao Douglas, meu noivo, companheiro e parceiro, pela paciência, amor, força e incentivo que permitiram que eu não desistisse mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, Valéria e Emir, que me ensinaram o valor do estudo e da dedicação desde pequena, por todo amor e ensinamentos durante a vida. Aos meus irmãos, Amanda, Lucca, Liliane e Luciane pelo amor e carinho e por entenderem minhas ausências. Aos meus avós, Marli e Ernani (*in memoriam*), por acreditarem em mim e investirem na minha educação. Aos meus sogros, pelo carinho, força e auxílio prestados. À toda a minha família.

Ao professor Alberto, pela oportunidade, orientação e paciência mesmo nos momentos de dificuldades. Por ter aceitado o desafio e por todos os ensinamentos passados e auxílio nos momentos de dúvidas.

Ao professor Jerônimo, pela orientação e por ceder o espaço físico que tornou possível realizar esse estudo. Por todos os ensinamentos passados desde o início da minha caminhada, na graduação.

Aos companheiros do grupo, por me receberem de braços abertos, pela ajuda ao longo do doutorado e das longas avaliações e por tornarem essa caminhada mais fácil. Um agradecimento especial à Fernanda, pelo acolhimento, conselhos e ajuda sempre que necessitei. À Daniela, parceira dessa caminhada e companheira das disciplinas cursadas. À Darcila e Marlon, bolsistas do projeto de condimentares, por toda dedicação, cuidado e ajuda com nossas plantinhas. Aos demais colegas do grupo que não mediram esforços para auxiliar nos experimentos e nas avaliações, em todas as datas, fossem festivas, fins de semana e feriados. Vocês foram essenciais para a realização desse projeto.

A todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, que de alguma forma contribuíram para a minha formação e execução do projeto. Um agradecimento especial ao Seu Alberto, pela companhia, boa vontade e auxílio nas extrações de óleo no laboratório.

À CAPES pelo apoio financeiro que permitiu o desenvolvimento desse estudo.

Às amigas, pelo carinho e apoio em todos os momentos. E a todos os amigos, colegas e profissionais que de alguma forma contribuíram para a realização desse projeto e encerramento desse longo ciclo. Muito obrigada!

RESUMO

PRODUÇÃO DE FITOMASSA DE MANJERONA E MENTA EM INTERVALOS DE COLHEITA E DE ÓLEO ESSENCIAL EM ESTAÇÕES DO ANO

AUTORA: Jéssica Maronez de Souza

ORIENTADOR: Prof. Dr. Alberto Cargnelutti Filho

Plantas condimentares, medicinais e aromáticas como a manjerona (*Origanum majorana* L.) e a menta (*Mentha x piperita* L.) possuem interesse das indústrias alimentícia e farmacêutica. Os objetivos desse trabalho foram definir o intervalo de colheita para produção de fitomassa e a estação do ano apropriada para produção de óleo essencial de manjerona e menta em transplantes realizados no verão e no inverno. Foram realizados dois experimentos para cada cultura, em sistema de cultivo fora do solo, em ambiente protegido, sendo o primeiro com transplante no verão e o segundo com transplante no inverno. Foram avaliadas as massas de matéria fresca e seca de folhas, ramos e parte aérea, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, sendo eles os intervalos entre colheitas sucessivas de 30, 45, 60, 72 e 90 dias a partir do transplante, com quatro repetições. Aos 12 meses após o transplante, as massas de cada colheita, em cada repetição, foram somadas para obtenção da produção acumulada. A taxa de incremento diário foi determinada relacionando os dados de produção acumulada das colheitas (y) versus os dias após o transplante (x) ao longo dos 12 meses, obtendo uma equação linear $y = bx + a$ para cada repetição, em cada intervalo, em que b é a inclinação da reta, equivalente à taxa de incremento diário. Para a avaliação do óleo essencial foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, sendo eles as estações do ano. Foram coletadas plantas a cada 30 dias, no período de 12 meses, e foram unidas amostras de folhas de três colheitas consecutivas cultivadas na mesma estação do ano. Foram determinados o teor, o rendimento e a composição química do óleo essencial. A massa de matéria fresca de folhas de manjerona foi superior aos 60 e 90 dias no transplante de verão e em 72 e 90 dias no transplante de inverno. A massa de matéria fresca de folhas de menta foi similar entre os intervalos de colheita no transplante de verão e superior aos 60 e 90 dias no transplante de inverno. No transplante de verão, o teor e rendimento de óleo essencial de manjerona foram superiores nas estações verão e primavera. No transplante de inverno, o teor de óleo foi superior no verão e o rendimento no verão e na primavera. O teor de óleo essencial de menta foi superior no verão e o rendimento foi superior na primavera. As colheitas de manjerona em intervalos de 60 dias em transplantes no verão e em 72 dias em transplantes no inverno são mais apropriadas para produção de fitomassa. As colheitas de menta em intervalos de 60 dias, em transplante de inverno, são mais apropriadas para a produção de fitomassa e em transplante de verão em intervalos de 45 dias. A melhor produção de óleo essencial de manjerona e menta é obtida em colheitas no verão e na primavera, com transplante de menta realizado no verão, pois no inverno há produção de mentofurano no óleo essencial, o qual reduz a sua qualidade.

Palavras-chave: *Origanum majorana* L., *Mentha x piperita* L. Condimentares. Medicinais. Cultivo protegido.

ABSTRACT

PHYTOMASS PRODUCTION OF MARJORAM AND PEPPERMINT IN HARVEST INTERVALS AND OF ESSENTIAL OIL IN SEASONS

AUTHOR: Jéssica Maronez de Souza

ADVISOR: Prof. Dr. Alberto Cargnelutti Filho

Spice, medicinal and aromatic plants such as marjoram (*Origanum majorana* L.) and peppermint (*Mentha x piperita* L.) are of interest to the food and pharmaceutical industries. The aims of this work were to define the appropriate harvest interval for phytomass production and the season for essential oil production of marjoram and peppermint in summer and winter transplants. Two experiments were carried out for each crop, in an off-ground cultivation system, in a protected environment, the first with summer transplantation and the second with winter transplantation. Fresh and dry matter masses of leaves, branches and shoots were evaluated in a completely randomized design with five treatments, being the intervals between successive harvests of 30, 45, 60, 72 and 90 days from transplantation, with four repetitions. At 12 months after transplantation, the masses of each harvest, in each repetition, were summed to obtain the accumulated production. The daily increment rate was determined by relating the cumulative yield data of the crops (y) versus the days after transplantation (x) over the 12 months, obtaining a linear equation $y = bx + a$ for each repetition, in each interval, where b is the slope of the line, equivalent to the daily increment rate. For the evaluation of the essential oil, a completely randomized design was used, with four treatments, being the seasons of the year. Plants were collected every 30 days, in a period of 12 months, and leaf samples of three consecutive harvest cultivated at the same season were joined. The content, yield and chemical composition of the essential oil were determined. The fresh matter mass of marjoram leaves was higher at 60 and 90 days in the summer transplant and at 72 and 90 days in the winter transplant. The fresh matter mass of peppermint leaves was similar between harvest intervals in the summer transplant and higher at 60 and 90 days in the winter transplant. In the summer transplant, the content and yield of marjoram essential oil were higher in the summer and spring seasons. In the winter transplant, the oil content was higher in summer and the yield in spring season. The peppermint essential oil content was higher in the summer and the yield was higher in the spring. Marjoram harvests at 60-day intervals in summer transplants and 72 days in winter transplants are most appropriate for phytomass production. Peppermint harvests at 60-day intervals, in winter transplant, are more appropriate for phytomass production and in summer transplant at 45-day intervals. The best production of marjoram and peppermint essential oil is obtained in summer and spring harvests, with mint transplantation performed in summer, because in winter there is mentofuran production in the essential oil, which reduces its quality.

Key words: *Origanum majorana* L., *Mentha x piperita* L. Spicy. Medicinal. Protected cultivation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 – Massas de matéria fresca e seca acumulada (g planta ⁻¹) de folhas, ramos e parte aérea de <i>Origanum majorana</i> L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no verão.	39
Tabela 3-2 – Massas de matéria fresca e seca acumulada (g planta ⁻¹) de folhas, ramos e parte aérea de <i>Origanum majorana</i> L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no inverno.	41
Tabela 3-3 – Taxa de incremento diário (g planta ⁻¹) de massas de matéria fresca e seca de folhas ramos e parte aérea <i>Origanum majorana</i> L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no verão.	43
Tabela 3-4 – Taxa de incremento diário (g planta ⁻¹) de massas de matéria fresca e seca de folhas ramos e parte aérea <i>Origanum majorana</i> L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no inverno.	44
Tabela 4-1 – Massa de matéria fresca e seca acumulada (g planta ⁻¹) de folhas, ramos e parte aérea de <i>Mentha x piperita</i> L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no verão.	65
Tabela 4-2 – Massa de matéria fresca e seca acumulada (g planta ⁻¹) de folhas, ramos e parte aérea de <i>Mentha x piperita</i> L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no inverno.	67
Tabela 4-3 – Taxa de incremento diário (g planta ⁻¹) de massa fresca e seca de folhas ramos e parte aérea <i>Mentha x piperita</i> L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no verão.	70
Tabela 4-4 – Taxa de incremento diário (g planta ⁻¹) de massa fresca e seca de folhas ramos e parte aérea <i>Mentha x piperita</i> L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no inverno.	71
Tabela 5-1 – Teor e rendimento de óleo essencial de <i>Origanum majorana</i> L. nas estações do ano no transplante realizado no verão.	91
Tabela 5-2 – Teor e rendimento de óleo essencial de <i>Origanum majorana</i> L. nas estações do ano no transplante realizado no inverno.	92
Tabela 5-3 – Composição química (%) do óleo essencial de <i>Origanum majorana</i> L. nas estações do ano no transplante realizado no verão.	96
Tabela 5-4 – Composição química (%) do óleo essencial de <i>Origanum majorana</i> L. nas estações do ano no transplante realizado no inverno.	97
Tabela 6-1 – Teor e rendimento de óleo essencial de <i>Mentha x piperita</i> L. nas estações do ano no transplante realizado no verão.	111
Tabela 6-2 – Teor e rendimento de óleo essencial de <i>Mentha x piperita</i> L. nas estações do ano no transplante realizado no inverno.	112
Tabela 6-3 – Composição química do óleo essencial de <i>Mentha x piperita</i> L., em %, nas estações do ano no transplante realizado no verão.	116
Tabela 6-4 – Composição química do óleo essencial de <i>Mentha x piperita</i> L., em %, nas estações do ano no transplante realizado no inverno.	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1 – Massa de matéria fresca de folhas (MMFF, g planta ⁻¹) de <i>Origanum majorana</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.	45
Figura 3-2 – Massa de matéria fresca de ramos (MMFR, g planta ⁻¹) de <i>Origanum majorana</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.	46
Figura 3-3 – Massa de matéria fresca de parte aérea (MMFPA, g planta ⁻¹) de <i>Origanum majorana</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.	46
Figura 3-4 – Massa de matéria seca de folhas (MMSF, g planta ⁻¹) de <i>Origanum majorana</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.	47
Figura 3-5 – Massa de matéria seca de ramos (MMSR, g planta ⁻¹) de <i>Origanum majorana</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.	47
Figura 3-6 – Massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA, g planta ⁻¹) de <i>Origanum majorana</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.	48
Figura 3-7 – Massa de matéria fresca de folhas (MMFF, g planta ⁻¹) de <i>Origanum majorana</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.	49
Figura 3-8 – Massa de matéria fresca de ramos (MMFR, g planta ⁻¹) de <i>Origanum majorana</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.	49
Figura 3-9 – Massa de matéria fresca de parte aérea (MMFPA, g planta ⁻¹) de <i>Origanum majorana</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.	50
Figura 3-10 – Massa de matéria seca de folhas (MMSF, g planta ⁻¹) de <i>Origanum majorana</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.	50
Figura 3-11 – Massa de matéria seca de ramos (MMSR, g planta ⁻¹) de <i>Origanum majorana</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.	51
Figura 3-12 – Massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA, g planta ⁻¹) de <i>Origanum majorana</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.	51
Figura 3-13 – Temperatura média do ar (°C) e radiação solar (Mj m ⁻²) no interior da estufa, no período de dezembro de 2017 a junho de 2019.	52
Figura 4-1 – Massa de matéria fresca de folhas (MMFF, g planta ⁻¹) de <i>Mentha x piperita</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.	72
Figura 4-2 – Massa de matéria fresca de ramos (MMFR, g planta ⁻¹) de <i>Mentha x piperita</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.	72
Figura 4-3 – Massa de matéria fresca de parte aérea (MMFPA, g planta ⁻¹) de <i>Mentha x piperita</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.	73

Figura 4-4 – Massa de matéria seca de folhas (MMSF, g planta ⁻¹) de <i>Mentha x piperita</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.....	74
Figura 4-5 – Massa de matéria seca de ramos (MMSR, g planta ⁻¹) de <i>Mentha x piperita</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.....	74
Figura 4-6 – Massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA, g planta ⁻¹) de <i>Mentha x piperita</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.....	75
Figura 4-7 – Massa de matéria fresca de folhas (MMFF, g planta ⁻¹) de <i>Mentha x piperita</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.	76
Figura 4-8 – Massa de matéria fresca de ramos (MMFR, g planta ⁻¹) de <i>Mentha x piperita</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.	76
Figura 4-9 – Massa de matéria fresca de parte aérea (MMFPA, g planta ⁻¹) de <i>Mentha x piperita</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.	77
Figura 4-10 – Massa de matéria seca de folhas (MMSF, g planta ⁻¹) de <i>Mentha x piperita</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.	77
Figura 4-11 – Massa de matéria seca de ramos (MMSR, g planta ⁻¹) de <i>Mentha x piperita</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.	78
Figura 4-12 – Massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA, g planta ⁻¹) de <i>Mentha x piperita</i> L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.	78
Figura 4-13 – Temperatura média do ar (°C) e radiação solar (Mj/m ²) no interior da estufa, no período de dezembro de 2017 a junho de 2019.	79
Figura 5-1 – Temperatura média do ar (°C) no interior da estufa nas estações do ano, no período de dezembro de 2017 a junho de 2019.	94
Figura 5-2 – Radiação solar acumulada (Mj/m ²) no interior da estufa nas estações do ano, no período de dezembro de 2017 a junho de 2019.	94
Figura 6-1 – Temperatura média do ar (°C) no interior da estufa nas estações do ano, no período de dezembro de 2017 a junho de 2019.	114
Figura 6-2 – Radiação solar acumulada (Mj/m ²) no interior da estufa nas estações do ano, no período de dezembro de 2017 a junho de 2019.	114

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	17
1.1. HIPÓTESES	18
1.2. OBJETIVOS	18
1.2.1. <i>Objetivo geral</i>	18
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	19
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1. CULTURA DA MANJERONA	21
2.2. CULTURA DA MENTA	22
2.3. CULTIVO PROTEGIDO E FORA DO SOLO	23
2.4. INTERVALO DE COLHEITA	25
2.5. PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL	27
2.5.1. <i>Sazonalidade da produção de óleo essencial</i>	31
CAPÍTULO 3 – FITOMASSA DE MANJERONA EM INTERVALOS DE COLHEITA EM TRANSPLANTES NO VERÃO E NO INVERNO	33
RESUMO	33
ABSTRACT	33
INTRODUÇÃO	34
MATERIAL E MÉTODOS	35
RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS	54
CAPÍTULO 4 – FITOMASSA DE MENTA EM INTERVALOS DE COLHEITA EM TRANSPLANTES NO VERÃO E NO INVERNO	59
RESUMO	59
ABSTRACT	59
INTRODUÇÃO	60
MATERIAL E MÉTODOS	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
CONCLUSÕES	81
REFERÊNCIAS	81
CAPÍTULO 5 – PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE MANJERONA EM ESTAÇÕES DO ANO	85
RESUMO	85
ABSTRACT	85
INTRODUÇÃO	86
MATERIAL E MÉTODOS	88
RESULTADOS E DISCUSSÃO	90
CONCLUSÕES	100
REFERÊNCIAS	100
CAPÍTULO 6 – PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE MENTA EM ESTAÇÕES DO ANO	105
RESUMO	105
ABSTRACT	105
INTRODUÇÃO	106
MATERIAL E MÉTODOS	108
RESULTADOS E DISCUSSÃO	111
CONCLUSÕES	120
REFERÊNCIAS	120

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
REFERÊNCIAS	129
APÊNDICES.....	135

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

As plantas condimentares têm grande importância no mercado consumidor brasileiro, estando presentes nas feiras e mercados. Seu cultivo é uma alternativa de renda para pequenos agricultores, pois exige pouca mecanização, gera oportunidades de emprego, além de permitir o cultivo ao longo do ano (CORRÊA JUNIOR; SCHEFFER, 2013; PEREIRA; SANTOS, 2013). Em estudos realizados nos Estados do Rio Grande do Sul (MIURA; LÖWE; SCHINESTSK, 2007), Paraná (TRENTO FILHO; MENON; CORRÊA JUNIOR, 2011) e Rondônia (SILVA et al., 2011), os autores constataram o cultivo e a utilização de diversas plantas condimentares, medicinais e aromáticas pela agricultura familiar, comprovando a sua importância.

O consumo de plantas condimentares, medicinais e aromáticas pela população brasileira é crescente, seja para fins culinário, fitoterápico ou farmacêutico. Na região Centro-Sul do Estado do Paraná a produção anual média dessas plantas é superior a nove toneladas, em uma área superior a 60 hectares (TRENTO FILHO; MENON; CORRÊA JUNIOR, 2011).

Entre as espécies condimentares, medicinais e aromáticas consumidas no Brasil, tem-se a manjerona e a menta, cujas partes mais utilizadas na forma *in natura* são as folhas (PEREIRA; SANTOS, 2013). Os óleos essenciais presentes nas folhas dessas espécies são ricos em compostos químicos de interesse pelas indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética, como 4-terpineol, hidrato de sabineno, acetato de linalil, gama-terpineno, alfa-pineno, alfa-tujeno, sabineno, mirceno, limoneno, terpinol na manjerona (SELLAMI et al., 2009) e mentol, mentona, isomentona, acetato de mentil, limoneno e neomentol na menta (VERMA et al., 2010). Isso demonstra o amplo mercado consumidor existente para manjerona e menta em todas as épocas do ano.

Além da utilização *in natura* dessas espécies, os compostos presentes nos seus óleos essenciais proporcionam propriedades medicinais que despertam o interesse da indústria farmacêutica (JOSHI; LEKHAK; SHARMA, 2009; SELLAMI et al., 2009; VERMA et al., 2010; MOSSA; NAWWAR, 2011; PEREIRA; SANTOS, 2013). Com isso, é importante que a colheita seja realizada em momento com boa quantidade e qualidade do óleo essencial, além de boa produção de massa de matéria fresca. Por isso, deve-se verificar a influência do momento da colheita na produção e composição do óleo essencial ao longo do ano.

O cultivo de plantas em ambiente protegido possibilita a produção ao longo do ano, obtenção de maiores produtividades, produtos de maior qualidade, redução de danos causados

por chuva, granizo e ventos e a redução dos custos com controle de pragas e doenças (CAMPOS et al., 2008; LAMONT, 2009; SILVA; SILVA; PAGIUCA, 2014). A utilização do cultivo fora do solo de plantas medicinais tem demonstrado crescimento, sendo considerado um sistema promissor e viável, com interesse para o setor farmacêutico, visando a produção de fitoterápicos e extração de bioativos (MAIA et al., 2014).

Em trabalhos realizados com plantas condimentares, medicinais e aromáticas foram verificadas diferentes respostas das plantas aos intervalos de colheita, em que foi obtida maior produção em intervalos mais longos em alguns casos e em intervalos mais curtos em outros (MAY et al., 2008; MAY et al., 2010a.; MAY et al., 2010b). Dessa forma, percebe-se a importância de estudar as respostas de cada espécie para determinado tipo de manejo, ampliando o conhecimento na área e facilitando a programação do cultivo, tendo em vista a obtenção de maior produtividade de massa de matéria fresca e óleo essencial.

Com base nessas informações, é importante determinar a influência dos intervalos entre as colheitas na produção de massas de matéria fresca e seca de plantas e das estações do ano no teor e composição de óleo essencial de manjerona e menta, a fim de compreender a resposta dessas espécies às condições de manejo em ambiente protegido e em cultivo fora do solo.

1.1. HIPÓTESES

É possível estabelecer o intervalo de colheita apropriado para produção de fitomassa de manjerona e menta em transplantes realizados no verão e no inverno.

É possível determinar a estação do ano que proporcione maior produção e melhor qualidade de óleo essencial de manjerona e menta em transplantes realizados no verão e no inverno.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Definir o intervalo de colheita para produção de fitomassa e a estação do ano apropriada para produção de óleo essencial de manjerona e menta em transplantes realizados no verão e no inverno.

1.2.2. Objetivos específicos

Determinar o intervalo de colheita apropriado para produção de fitomassa de manjerona e menta em transplantes realizados no verão e no inverno.

Determinar a estação do ano que proporcione maior produção e melhor qualidade de óleo essencial de manjerona e menta em transplantes realizados no verão e no inverno.

CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CULTURA DA MANJERONA

A manjerona (*Origanum majorana* L.), pertencente à família Lamiaceae, é uma planta herbácea, originária do Nordeste da África, Oriente Médio até a Índia (CLEMENTE; HABER, 2013; COUTO, 2006). É pouco tolerante a climas frios e solos com excesso de umidade e muito argilosos. Seu ciclo natural dura cerca de 60 dias em cultivo convencional, podendo ser plantada em qualquer época do ano, no entanto, é recomendada a renovação das plantas anualmente (PEREIRA; SANTOS, 2013).

É uma espécie aromática, sendo bastante utilizada na culinária, no tempero de carnes, saladas e aromatização de bebidas (CLEMENTE; HABER, 2013). Também é considerada uma planta medicinal, apresentando uma das melhores atividades antibacterianas entre as espécies desse grupo (JOSHI; LEKHAK; SHARMA, 2009). Isso ocorre devido à presença de compostos com alta atividade antimicrobiana no seu óleo essencial, permitindo sua utilização nas indústrias alimentares e farmacêuticas, pois é eficiente no combate de alguns fungos e bactérias patológicas, além de ser a base de plantas e ecológico (LEEJA; THOPPIL, 2007).

Os óleos essenciais da manjerona apresentam potencial para utilização como antioxidante natural na indústria de alimentos e outras áreas de produtos naturais (MOSSA; NAWWAR, 2011; ROBY et al., 2013). A manjerona possui propriedades digestiva, antisséptica (PEREIRA; SANTOS, 2013), antiespasmódica e vasodilatadora arterial, também sendo sugerida para o combate de resfriados e as inflamações orais (JELANI et al., 2011). Na aromaterapia, os óleos essenciais de manjerona são utilizados no combate da insônia, ansiedade, estresse, agitação, problemas de comportamento e no manejo da dor (ALI et al., 2015).

As propriedades medicinais da manjerona são provenientes dos componentes químicos do seu óleo essencial, os quais variam com o estágio fenológico da planta (LEEJA; THOPPIL, 2007; SELLAMI et al., 2009), sendo também influenciados pela estação do ano em que a planta é cultivada (SOLIMAN et al., 2009). O período de colheita também influencia a produtividade e o teor de óleo essencial de manjerona, estando altamente relacionado com as condições meteorológicas (ZAWIŚLAK; DZIDA, 2010).

2.2. CULTURA DA MENTA

A menta (*Mentha x piperita* L.) é uma planta herbácea pertencente à família Lamiaceae, originária da Região do Mediterrâneo, adaptando-se bem ao clima subtropical, com boa iluminação e precipitação bem distribuída. Suporta altas temperaturas, desde que não haja deficiência hídrica, e é resistente a baixa temperatura, porém pode sofrer com a ocorrência de geadas (COUTO, 2006; CLEMENTE; HABER, 2013). São plantas exigentes em solos úmidos, com alta matéria orgânica. Seu ciclo natural dura cerca de 90 dias em cultivo convencional, podendo ser plantada em qualquer época do ano (PEREIRA; SANTOS, 2013).

É uma espécie condimentar, medicinal e aromática, utilizada de forma *in natura* para preparação de alimentos, além da utilização pelas indústrias farmacêutica, cosmética e na medicina popular (CLEMENTE; HABER, 2013). Essas plantas possuem efeitos descongestionantes, anti-inflamatórios, analgésicos, anti-infecciosos, antimicrobianos, antissépticos, antiespasmódicos, adstringentes, digestórios, carminativos, fungicidas, vasoconstritores, descongestionantes e gástricos (PEREIRA; SANTOS, 2013). Essas propriedades devem-se à presença de componentes nos óleos essenciais, como o carvacrol, mentol, carvona, acetato de metila, limoneno e mentona (ALI et al., 2015).

A menta pode ser utilizada no tratamento de infecções urinárias, devido suas propriedades antibacterianas (JOHNSON et al., 2011). A propriedade antimicrobiana e antioxidante do óleo essencial de menta também torna a utilização dessa espécie viável no tratamento de infecções causadas pelo fungo *Candida albicans* e pela bactéria *Escherichia coli* (YADEGARINIA et al., 2006). Suas propriedades antifúngicas estão relacionadas à presença do composto pulegona no seu óleo essencial. Já sua atividade antioxidante deve-se à presença do óxido de piperitenona, permitindo que plantas do gênero *Mentha* sejam utilizadas no tratamento de distúrbios do trato gastrointestinal (BARROS et al., 2015).

Os óleos essenciais de menta também são utilizados na aromaterapia no tratamento de problemas artríticos, perda de memória e exaustão mental e no alívio de espasmos da dor (ALI et al., 2015). A menta possui ação inseticida, devido à presença de mentol no seu óleo essencial (LIMA; CARDOSO, 2013). Em estudo realizado por Kumar, Wahab e Warikoo (2011), foi verificada a eficiência do óleo essencial de menta como larvicida e repelente contra o mosquito vetor da dengue (*Aedes aegypti* L.).

2.3. CULTIVO PROTEGIDO E FORA DO SOLO

Fatores climáticos como temperatura, luz, umidade e altitude influenciam o crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como a produção de óleos essenciais de plantas medicinais (AZEVEDO; MOURA, 2010). Assim, diferentes condições ambientais, como de temperatura e radiação, por exemplo, podem resultar em comportamento distinto da planta, mesmo para uma mesma espécie (PINTO et al., 2007; BIASI et al., 2009; NOGUEIRA; DIAZ; SAKUMO, 2009).

A umidade é um fator climático que influencia o crescimento, desenvolvimento e a produção de óleo essencial das plantas. Embora a água seja essencial para desenvolvimento e sobrevivência das plantas, Lopes et al. (2001) verificaram maior rendimento de óleo essencial de *Polygonum punctatum* (cultivado em casa de vegetação) em ambiente seco em comparação a outros regimes hídricos (ambiente úmido e ambiente moderadamente úmido), o que demonstra que a biossíntese dos óleos essenciais pode ocorrer como um mecanismo adaptativo da planta às condições de estresse hídrico.

Fatores como a temperatura, fotoperíodo, intensidade de radiação solar e o estresse hídrico também podem determinar a época ideal de colheita, visando maior quantidade dos princípios ativos desejados em plantas medicinais (PINTO et al., 2007). A radiação solar influencia o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo essencial na produção de fitomassa. Além disso, a intensidade da luminosidade influencia tanto a concentração quanto a composição dos óleos essenciais das plantas (MORAIS, 2009).

A fim de favorecer a produção de plantas, é possível utilizar o cultivo protegido como uma ferramenta que permite manejar esses fatores climáticos, como a temperatura e umidade do ar, radiação solar, luminosidade e ventos (SANTOS; SEABRA JÚNIOR; NUNES, 2010). O sistema de cultivo protegido caracteriza-se pela utilização de uma barreira entre o topo da cobertura vegetal e a atmosfera, modificando o fluxo de energia entre solo, planta e atmosfera (ANDRIOLO, 2013).

O maior controle das condições climáticas em cultivo protegido tem como consequência a possibilidade de reduzir os custos com controle de pragas e doenças e permitir a oferta de alimentos de forma equilibrada ao longo do ano, mesmo em regiões de clima frio, pois é possível controlar a temperatura dentro de estufas, permitindo o cultivo das plantas em qualquer estação do ano. Além disso, é possível produzir alimentos de maior qualidade, pois há menor influência de agentes bióticos e abióticos, como pragas, doenças, chuvas e granizos (SILVA; SILVA; PAGIUCA, 2014).

A produção de plantas em cultivo protegido pode ser realizada diretamente no solo ou em sistema hidropônico, podendo-se utilizar diferentes misturas de substratos em algum tipo de recipiente com uso de solução nutritiva para fertirrigação ou apenas a solução nutritiva, sem nenhum substrato para sustentar a cultura (SABIR; SINGH, 2013). Vale ressaltar que o cultivo realizado fora do perfil do solo, utilizando algum tipo de substrato (incluindo o próprio solo), é chamado de cultivo fora do solo, enquanto que o cultivo sem solo se refere à produção de plantas diretamente na solução nutritiva (hidroponia) ou utilizando algum substrato inerte, como areia e brita (ANDRIOLO, 2013). Nesse sistema, os substratos utilizados devem ter boa capacidade de retenção de água, boa aeração, de fácil disponibilidade e custo e serem capazes de manter a temperatura da solução nutritiva estável, mesmo em períodos de maior temperatura do ar (GIMÉNEZ; ANDRIOLO; GODOI, 2008).

Estudos realizados com plantas medicinais demonstraram superioridade do cultivo em hidroponia no teor e composição de óleo essencial. Paulus et al. (2007) verificaram maior teor de óleo essencial de *Mentha arvensis* L. em plantas cultivadas em hidroponia ($0,76 \text{ g planta}^{-1}$) em relação às cultivadas em campo ($0,65 \text{ g planta}^{-1}$). A composição do óleo essencial também variou de acordo com o sistema de cultivo. Em hidroponia foram obtidos maior teores de mentol (82,40%) e beta-pineno (0,45%) em relação ao cultivo a campo (64,43% e 0,21%, respectivamente). Os teores de mentona e limoneno foram superiores no cultivo a campo, sendo de 17,67 e 1,90% respectivamente, em relação ao cultivo hidropônico, onde os valores foram de 8,80 e 1,71%. Os valores de temperatura do ar dentro e fora da estufa foram similares durante o período de condução do experimento, variando de 17 a 30°C na estufa e 17 a 28°C no campo. A radiação solar no campo foi de $372 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $270 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ dentro da estufa. Apesar da menor disponibilidade de radiação solar na estufa a produção de óleo essencial de menta foi superior. O ambiente mais favorável dentro das estufas permitiu que as plantas tivessem crescimento mais rápido e maior rendimento.

Resultado semelhante foi verificado por Paulus et al. (2008), em que o cultivo de *M. arvensis* em hidroponia proporcionou maior teor de massa de matéria seca total (45 g planta^{-1}), maior teor de óleo essencial (0,60 ml por 100 gramas de folhas frescas) e mentol (82,4 %), em relação ao cultivo em campo, com 27 g planta^{-1} de massa seca total, 0,53 ml (em 100 gramas de folhas frescas) de óleo essencial e 64,45% de mentol. Os macronutrientes de maior concentração encontrados em plantas de menta são o nitrogênio, cálcio e potássio e os micronutrientes são o ferro, manganês e zinco, sendo acumulados em maior quantidade nas folhas, por isso, em cultivos fora do solo, esses nutrientes devem ser fornecidos às plantas via fertirrigação, permitindo alta produção de fitomassa (GARLET; SANTOS, 2008).

2.4. INTERVALO DE COLHEITA

A idade da planta e o estágio de desenvolvimento em que se encontra no momento da colheita são muito importantes, pois influenciam a quantidade e a qualidade dos metabólitos secundários que dão origem aos componentes do óleo essencial (MORAIS, 2009). A programação das datas de transplante e colheita são fatores importantes a fim de elevar a produção de biomassa e óleo essencial de plantas medicinais (BRAR et al., 2014).

Avaliando a produção de biomassa e óleo essencial de *Mentha citrata* em cultivo convencional, na região de São Paulo, May et al. (2010b) verificaram maior produção acumulada de biomassa no final do ciclo em menores intervalos de colheita, sendo os intervalos utilizados de 40, 60 e 80 dias, em que foram realizadas seis, quatro e três colheitas ao todo, respectivamente. Os autores não verificaram influência do intervalo de colheita sobre a produção de óleo essencial.

A produção de massa de matéria fresca de folhas de *Melissa officinalis* L. foi verificada em estudo realizado por Blank et al. (2005), em que a colheita da rebrota realizada 11 semanas após a primeira colheita das plantas proporcionou valores superiores em relação aos demais intervalos de colheita de 8, 9 e 10 semanas, indicando que intervalos mais longos favoreceram a produção de massa para essa espécie. Segundo May et al. (2010a), a colheita de plantas medicinais em intervalos mais curtos proporciona um menor período de recuperação da planta, o que pode reduzir a sua produtividade. Os autores avaliaram a produção de biomassa e óleo essencial de plantas de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), em cultivo convencional, em Campinas, Estado de São Paulo e verificaram maior acúmulo de massa seca de parte aérea em maiores intervalos de colheita, sendo que foram utilizados os intervalos de 60, 80, 100 e 120 dias, em que foram realizadas cinco, quatro, três e duas colheitas ao todo, respectivamente. No entanto, não foram observadas variações do teor e qualidade do óleo essencial ao longo do período avaliado, ou seja, nesse estudo, a exposição das plantas a diferentes intervalos de colheita não influenciou a produção de óleo essencial das mesmas.

Para duas espécies de capim limão, May et al. (2008) observaram resultados distintos em relação ao acúmulo de massa de matéria seca de parte aérea em diferentes intervalos entre colheitas, de 40, 60, 80 e 100 dias, em que foram realizadas seis, três, três e duas colheitas ao todo, respectivamente. Para a espécie *Cymbopogon citratus* foi verificado um decréscimo na produção de massa, com maior acúmulo no intervalo de 40 dias. Já para a espécie *C. flexuosus*

foi verificado um acréscimo da produção de massa, com as plantas atingindo o maior acúmulo no intervalo de 100 dias.

Verificando a influência de intervalos entre colheitas de 8, 12 e 16 semanas (com sete, cinco, quatro colheitas, respectivamente), realizados no período de um ano, em Aracaju, SE, Blank et al. (2012) não verificaram alterações no teor e rendimento de óleo essencial de gerânio (*Pelargonium graveolens*) entre colheitas consecutivas realizadas a cada 8 ou 12 semanas. Já para o intervalo entre colheitas de 16 semanas, houve alteração no rendimento do óleo essencial entre a segunda e terceira colheita, onde a produção foi maior na primeira e segunda colheita, em relação a terceira e quarta. Entre os intervalos de colheita foi verificado decréscimo do rendimento de óleo essencial, sendo superior no intervalo de 8 semanas em relação aos intervalos de 12 e 16 semanas. A produção de biomassa foi superior no intervalo mais curto, de 8 semanas. Segundo os autores, essa espécie possui bom potencial de rebrota, o qual depende do período do ano, pois as condições climáticas e o estágio de desenvolvimento da planta possuem grande influência na produção de óleo essencial.

Estudando o crescimento, o teor e a composição de óleo essencial de *Plectranthus amboinicus*, no Egito, Sabra et al. (2018) realizaram seis colheitas, aos 2, 4, 6, 8, 10 e 12 meses após o transplante. Foi verificado um aumento da biomassa até a terceira colheita (6 meses após o transplante), com posterior decréscimo. Os autores atribuem esses resultados às condições climáticas mais favoráveis nesse período. O mesmo não foi verificado em relação ao teor de óleo essencial, o qual diminuiu com o aumento do intervalo de colheita, sendo superior no intervalo mais curto, ou seja, aos dois meses após o transplante.

Para outra espécie de planta condimentar, o alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.), Figueiredo et al. (2009) também verificaram aumento da produção de fitomassa em maiores intervalos entre o transplante e a colheita, sendo os intervalos utilizados de 120, 180, 240, 300 e 360 dias após o transplante, em cultivo convencional, em Montes Claros, Estado de Minas Gerais. No entanto, esses estudos não foram realizados em colheitas consecutivas ao longo do ciclo, sendo as plantas colhidas apenas uma vez para avaliação, não havendo informações sobre a resposta das plantas a diversas colheitas e seu rendimento total ao longo de um ciclo de cultivo.

A produção de biomassa e óleo essencial de espécies condimentares, medicinais e aromáticas é influenciada pela época e intervalo de colheita, apresentando diferente comportamento dependendo da cultura, sistema e região de cultivo.

2.5. PRODUÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL

Os óleos essenciais são líquidos incolores, aromáticos e com alto índice de refração, que estão presentes em diversas partes das plantas, como nos tricomas glandulares, células especializadas, bolsas e reservatórios e até mesmo nos espaços intercelulares. Os óleos podem estar presentes em órgãos como flores, folhas, frutos, caules, raízes e cascas (ALI et al., 2015).

O teor e a composição química dos óleos essenciais nas plantas são variáveis de acordo com a espécie, sistema de cultivo, período de colheita, estágio fenológico e estação do ano (PAULUS et al., 2007; SELLAMI et al., 2009; SOLIMAN et al., 2009; VERMA et al., 2010; ZAWIŚLAK; DZIDA, 2010; SHIWAKOTI et al., 2015). Em estudo realizado por Mossa e Nawwar (2011), em folhas de manjerona coletadas do mercado local em Cairo, Egito, em junho (verão), os componentes majoritários do óleo essencial foram 4-terpineol (29,97%), gama-terpineno (15,40%), hidrato de trans-sabineno (10,93%), alfa-terpineno (6,86%), 3-ciclohexano-1-1 metanol, a, a, 4-trimetil (6,54%), sabineno (3,91%), alfa-terpinoleno (2,92%), acetato de linalila (2,73%) e hidrato de cis-sabineno (2,71%).

A influência do período de colheita sobre a produção de óleo essencial de manjerona foi verificada por Sellami et al. (2009), em colheitas realizadas em quatro estágios diferentes, dois vegetativos (aos 45 e aos 90 dias) e dois reprodutivos (aos 4 meses e aos 5 meses, na plena floração). Os autores verificaram teor de óleo essencial superior aos 5 meses após o transplante (0,09%), no pleno florescimento e inferior 90 dias após o transplante (0,04%), na fase vegetativa tardia. No entanto, nesse período foi obtido o maior conteúdo fenólico na espécie. Na fase vegetativa precoce (45 dias após o transplante) e na fase de brotação (4 meses após o transplante) foram obtidos teores de óleo essencial de 0,07%. Nesse estudo, foi verificada a composição química do óleo essencial de manjerona, a qual é variável de acordo com o período da colheita. De forma geral, os óleos são compostos de terpinen-4-ol, hidrato de cis-sabineno, hidrato de trans-sabineno, acetato de linalila, gama-terpineno, alfa-pineno, alfa-tujeno, sabineno, mirceno, limoneno e terpinol.

Segundo Ali et al. (2015), os óleos essenciais de *Mentha x piperita* L. possuem como componentes mais comuns o mentol, carvacrol, carvona, acetato de mentila, limoneno e mentona. No entanto, tanto o teor quanto a composição dos óleos essenciais de espécies do gênero *Mentha* são influenciados por diversos fatores, como espécie, cultivar, estações do ano, período de colheita, sistema de cultivo e idade da planta (PAULUS et al., 2007;

AKHTAR et al., 2009; VERMA et al., 2010; CHAGAS et al., 2011; SHIWAKOTI et al., 2015).

Avaliando o teor e a composição de óleo essencial em cultivares de *Mentha arvensis* (plantadas em março) e *M. x piperita* (plantada em janeiro), Verma et al. (2010) verificaram variações consideráveis em função do período de colheita das folhas, em cultivo convencional (no solo), que foram realizadas a cada 30 dias, até aos 150 dias. Os autores verificaram que os maiores intervalos de colheita proporcionaram maior teor de óleo essencial, atingindo 1,2%. A presença e a quantidade de cada componente do óleo essencial tiveram grande variação entre os intervalos, para cada cultivar. O componente de maior concentração no óleo essencial dessas espécies é o mentol (22,56-82,18%), o qual tende a ter maior concentração em maiores intervalos de colheita. O segundo componente de maior concentração no óleo é a mentona (3,43-19,32%). Os demais componentes majoritários variam bastante conforme a cultivar e a idade da planta, dentre eles o acetato de mentila (0,54-32,80%), iso-mentona (0,65-6,09%), limoneno (0,27-6,21%) e neo-mentol (0,38-4,86%). Além desses há outros componentes, presentes em quantidades inferiores. Nesse estudo de Verma et al. (2010) não foi possível detectar um padrão de comportamento da composição do óleo essencial entre os intervalos, pois estes variam de acordo com a cultivar.

Avaliando a produção de óleo essencial de *M. x piperita* L. cultivada sob malhas, Costa et al. (2012) verificaram melhores resultados em plantas cultivadas a pleno sol (0,088 ml planta⁻¹) e sob malhas pretas (0,09 ml planta⁻¹) e vermelhas (0,073 ml planta⁻¹), o que pode indicar maior influência da qualidade da luz incidente do que da intensidade. A qualidade da luz também afetou os constituintes majoritários do óleo essencial, sendo superiores a pleno sol os teores de mentol (20,96%) e mentona (10,42%). Os teores de mentofurano foram superiores com malha preta (38,75%) e inferiores a pleno sol (20,62%). O acetato de mentila foi superior com malha vermelha (41,89). Os demais componentes presentes em menor quantidade também sofreram variação entre os tratamentos, sendo eles o limoneno (2,49-3,06%), pulegona (1,44-3,67%) e acetato de neomentila (1,96-3,52%).

Em estudo realizado com a espécie *M. x piperita* var *citrata*, Oliveira et al. (2012) constataram a influência do horário de colheita (9, 11, 13, 15 e 17h) na produção de óleo essencial e o tempo de hidrodestilação na extração do óleo. O maior teor foi obtido no horário das 13h (1,33%), onde as temperaturas e a radiação fotossinteticamente ativa são mais elevadas e a umidade relativa do ar mais baixa. Os autores verificaram variações na composição do óleo essencial em diferentes horários de colheita, sendo eles ricos em monoterpenos oxigenados (86,54 a 91,32%), com componentes majoritários sendo o α -

fenchol (40,98 a 50,43%) e o cis-mirtanol (25,94 a 29,16%). Além disso, o óleo dessa espécie também é composto de α -terpineol (6,71 a 7,67%), trans-mirtanol (3,38 a 4,94%), guaiol (1,73 a 4,02%), exo-acetato de fenchila (1,24 a 1,64%) e acetato de citronila (1,52 a 2,04%). Em relação ao tempo de hidrodestilação, duas horas são suficientes para extrair o óleo essencial de menta, pois após esse período não há aumento do volume extraído.

Estudando a influência da idade da planta sobre a produção de massa e óleo essencial, Chagas et al. (2011) avaliaram plantas de *M. arvensis* L., em cultivo convencional em Lavras, Estado de Minas Gerais. Foram avaliadas a idade da planta no momento da primeira colheita (80, 100 e 120 dias após o transplante) e a idade da planta na segunda colheita (60, 75 e 90 dias após a primeira colheita). Os autores verificaram maior acúmulo de massa de matéria seca de folhas aos 100 dias após o transplante e na segunda colheita realizada de 60 a 75 dias após a primeira. Foi observado decréscimo do teor de óleo essencial a partir da colheita de 80 dias até o ponto mínimo, na colheita de 100 dias, voltando a aumentar na colheita de 120 dias após o transplante, o que pode estar associado ao florescimento das plantas, que teve início aos 88 dias, atingindo o pleno florescimento dos 95 aos 110 dias. Do pré-florescimento ao início do pleno florescimento as plantas podem ter tido uma priorização do metabolismo primário em relação ao metabolismo secundário, levando a uma redução na síntese do óleo essencial, o que pode ser verificado pelo aumento da produção de biomassa seca de parte aérea nesse período.

Avaliando plantas de *M. canadensis* L. (*M. arvensis* L.) colhidas em duas épocas, com duas semanas de diferença, no início do florescimento e na plena floração, Shiwakoti et al. (2015) verificaram diferenças no teor e composição do óleo essencial. Os melhores teores de óleo essencial (1,45 g 100 g⁻¹ de massa seca) e concentração de mentol (72,9%) foram obtidos em plantas colhidas durante a plena floração. Outros componentes importantes do óleo também foram quantificados, como a mentona (6,8 a 15,4%) e o mentofurano (1,1 a 1,76%), em diferentes períodos do dia.

A influência do período de rebrota da planta sobre a composição do óleo essencial de *M. arvensis* foi verificado por Chagas et al. (2013), em plantas cultivadas sob malhas fotoconversoras, coletadas 20 e 40 dias após a primeira colheita. O teor de mentol foi superior na segunda colheita (92,96-95,08%) em relação à primeira colheita (90,29-92,68%). Já o teor de mentona foi superior na primeira colheita (1,56-2,48%) em relação à segunda colheita (0,63-1,11%). Os autores associaram essas diferenças às condições climáticas do período em que foram realizadas as colheitas, onde as plantas da rebrota da segunda colheita cresceram em condições de baixa precipitação e temperaturas mais baixas.

Para a espécie *M. arvensis*, Paulus et al. (2008) encontraram maiores teores de óleo essencial no sistema hidropônico (0,60 ml/100g de folha fresca) em relação ao convencional (0,53 ml 100 g⁻¹ de folha fresca). O maior teor de mentol foi obtido em sistema hidropônico com solução nutritiva na concentração de 100% no transplante (82,4%) e espaçamento de 0,50×0,25m. Já a mentona apresentou maior teor com solução nutritiva na concentração de 25% (21,12%).

Avaliando diferentes estruturas de propagação e épocas de colheita de *M. canadenses* L, Santos et al. (2012) verificaram, no método de propagação por mudas, um decréscimo acentuado da produtividade de óleo essencial entre a primeira (243,6 L ha⁻¹) e a segunda colheita (48,9 L ha⁻¹). O mesmo ocorreu com a produtividade do mentol, que decaiu de 227,8 L ha⁻¹ na primeira colheita para 42,3 L ha⁻¹ na segunda colheita. Foi verificado decréscimo do teor da maioria dos componentes majoritários do óleo entre a primeira e a segunda colheita, com exceção do mentol que obteve maior teor na segunda colheita. Segundo os autores, esses resultados podem estar associados ao estágio de desenvolvimento das plantas e a estrutura do dossel, visto que a primeira colheita foi realizada aos 95 dias após o plantio, no pleno florescimento, e a segunda colheita foi realizada 60 dias após a primeira, no período da rebrota.

Em outras espécies condimentares, medicinais e aromáticas também foi verificado influência de diversos fatores na produção de óleo essencial. Em estudo realizado com a melissa (*Melissa officinallis* L.), em casa de vegetação, Meira, Manganotti e Martins (2011) avaliaram a produção de óleo essencial, realizando as colheitas da rebrota aos 70, 85, 100 e 115 dias após o transplante, após a primeira colheita aos 30 dias após o transplante, ou seja, 40, 55, 70 e 85 dias após a primeira colheita. Foi verificado um decréscimo do teor de óleo essencial conforme aumentava-se o intervalo de colheita. Segundo os autores, a planta entra em estágio de senescência a medida que as atividades fisiológicas se encerram, assim como a biossíntese de óleo essencial nas partes mais velhas da planta, por isso houve decréscimo do teor de óleo em intervalos mais longos, pois a planta apresenta tecidos mais velhos que nos intervalos mais curtos, sendo necessária a emissão de novas brotações para permitir a biossíntese de óleos essenciais nas partes mais jovens das plantas.

Estudando o teor e composição de óleo essencial de *Plectranthus amboinicus*, Sabra et al. (2018) realizaram seis colheitas, aos 2, 4, 6, 8, 10 e 12 meses após o transplante. Foi verificado um decréscimo do teor de óleo essencial, o qual diminuiu com o aumento do intervalo de colheita, sendo superior no intervalo mais curto, ou seja, aos dois meses após o transplante. Além disso, foi observada uma variação da composição do óleo essencial em

função dos intervalos, tendo como componentes majoritários o timol (32,42-40,18%), gama-terpineno (10,32-18,86%), p-cimeno (10,01-18,38%) e beta-cariofileno (11,55-14,10%). O timol foi superior 12 meses após o transplante, o gama-terpineno foi superior 2 meses após o transplante, o-cimeno foi superior 4 meses após o transplante e o beta-cariofileno 8 meses após o transplante.

A influência da época de colheita da macela (*Egletes viscosa* L.) sobre a produção de óleo essencial foi verificada por Bezerra et al. (2008), que avaliaram a produção em sete épocas de colheitas, aos 75, 85, 95, 105, 115, 125 e 135 dias após o transplante (DAT). Os autores observaram acréscimo do rendimento de óleo essencial com o aumento dos intervalos de colheita, atingindo os maiores valores aos 135 dias após o transplante (44,4 L ha⁻¹). Os componentes majoritários do óleo essencial também variaram conforme os intervalos. Os teores de acetato de trans-pinocarveíla variaram de 52,3 a 73,5 %, entre as colheitas realizadas de 75 a 95 dias após o transplante, estabilizando-se em torno de 53,3% nas colheitas seguintes. O teor de acetato de mirtenila permaneceu próximo a 6,98 % ($\pm 0,56$). Já o do teor de beta-pineno foi de aproximadamente 31,8 % ($\pm 1,72$), nos intervalos de 85 a 105 DAT e de 49,2 % ($\pm 1,15$) nos intervalos de 115 a 135 DAT.

Avaliando o rendimento do óleo essencial de *Salvia officinalis* L. em plantas tratadas com diferentes reguladores vegetais, em Botucatu, SP, Povh e Ono (2006) verificaram influência dos reguladores sobre a produção do óleo essencial, em que plantas tratadas com ácido giberélico mais o produto Stimulate[®] promoveram aumento do rendimento de óleo e plantas tratadas com ethephon (etileno) levaram a diminuição do rendimento. O aumento promovido pela giberelina pode ter ocorrido em resposta aos seus efeitos sobre o crescimento das plantas, promovendo alongamento caulinar e aumento no número de ramificações (TAIZ; ZEIGER, 2009). Segundo Taiz e Zeiger (2009), fatores como fotoperíodo e temperatura podem alterar os níveis de giberelinas nas plantas. Com isso, pode-se perceber que os fatores hormonais que podem influenciar a produção de metabólitos secundários também sofrem influência dos fatores climáticos, sendo estes importantes fatores atuantes sobre a produção de óleos essenciais.

2.5.1. Sazonalidade da produção de óleo essencial

A sazonalidade da produção do óleo essencial de manjerona foi verificada por Soliman et al. (2009), que observaram menores quantidades da maioria dos componentes nas colheitas realizadas no inverno. Teores de componentes como timol e cis-sabineno foram mais elevados

na primavera, terpinen-4-ol foi mais elevado no verão, hidrato de cis-sabineno foi superior no inverno e terpinoleno no outono. Os principais componentes encontrados no óleo essencial de manjerona foram timol (38,4% na primavera), terpinen-4-ol (7,7 a 37,4%), hidrato de cis-sabineno (7,4 a 54,4%), gama-terpineno (5,3 a 18,3%), p-cimeno (2,3 a 13,9%), alfa-terpineno (0,4 a 13,3%).

Em estudo realizado na Polônia, maiores teores de óleo essencial de manjerona foram obtidos na segunda colheita (2,39%), realizada no outono, em relação aos obtidos na primeira colheita (1,95%), realizada no verão. O mesmo foi verificado na produção de massa seca de plantas, com valores superiores obtidos na segunda colheita (0,28 kg m⁻²) em relação a primeira colheita (0,16 kg m⁻²). A influência do período de colheita sobre a produtividade e o teor de óleo essencial de manjerona está altamente relacionada com as condições meteorológicas do período (ZAWIŚLAK; DZIDA, 2010).

A influência do período de transplante no crescimento, rendimento e teor de óleo essencial de *M. x piperita* foi verificado por Akhtar et al. (2009), em estudo realizado em três estações em Bangladesh (inverno, verão e estação das monções) em função da aplicação foliar de zinco. Menores teores de óleo essencial foram obtidos no inverno (0,22-0,28%) e maiores teores na estação de monção (0,42-0,50%). No verão os valores foram intermediários (0,30-0,50%). No inverno o maior teor de óleo essencial foi obtido sem aplicação de zinco (0,28%). No verão o maior teor de óleo foi encontrado no tratamento com 3 ppm de zinco (0,50%) e na estação das monções no tratamento com 2,50 ppm de zinco (0,50%). A maior produção total de folhas também foi verificada na estação monção.

CAPÍTULO 3 – Fitomassa de manjerona em intervalos de colheita em transplantes no verão e no inverno

RESUMO

A manjerona (*Origanum majorana* L.) é uma espécie condimentar, medicinal e aromática de interesse das indústrias farmacêutica, fitoterápica e alimentícia. A produção acumulada de fitomassa nas plantas desse grupo é influenciada pelo intervalo de colheita ao qual é submetida. O objetivo desse trabalho foi determinar o intervalo de colheita apropriado para produção de fitomassa de manjerona em transplantes realizados no verão e no inverno. Foram realizados dois experimentos em sistema de cultivo fora do solo, em ambiente protegido, sendo o primeiro com transplante realizado no verão e o segundo com transplante realizado no inverno. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, sendo eles os intervalos entre colheitas sucessivas de 30, 45, 60, 72 e 90 dias a partir do transplante, com quatro repetições. Foram realizadas 12, 8, 6, 5 e 4 colheitas nos intervalos de 30, 45, 60, 72 e 90 dias após o transplante, respectivamente. Em cada colheita, foram determinadas as massas de matéria fresca e seca de folhas, de ramos e parte aérea (em g planta⁻¹). Aos 12 meses após o transplante, as massas de cada colheita, em cada uma das plantas (repetições) foram somadas para obtenção da produção acumulada. Esses valores acumulados foram utilizados nas análises estatísticas para comparação da produção média por intervalo de colheita. A taxa de incremento diário foi determinada relacionando os dados de produção acumulada das colheitas (y) *versus* os dias após o transplante (x) ao longo dos 12 meses, obtendo uma equação linear $y = bx + a$ para cada intervalo, em que b é a inclinação da reta, equivalente à taxa de incremento diário, o qual representa o valor médio de acréscimo de massa por dia. Esses valores foram utilizados na análise de variâncias e teste de comparação de médias, a fim de comparar a taxa de incremento diário (b) entre os intervalos. As massas de matéria fresca e seca de folhas, respectivamente, no transplante de verão foram superiores aos 60 dias (744,86 g planta⁻¹; 138,96 g planta⁻¹) e 90 dias (711,56 g planta⁻¹; 147,19 g planta⁻¹). A massa de matéria fresca de folhas, no transplante de inverno foi superior em 72 dias (546,86 g planta⁻¹) e 90 dias (634,19 g planta⁻¹) e massa de matéria seca de folhas foi superior em 90 dias (139,90 g planta⁻¹). A taxa de incremento diário para massa de matéria fresca e seca de folhas, no transplante de verão, foi superior aos 90 dias. No transplante de inverno, as taxas de incremento diário para massa de matéria fresca de folhas foram superiores nos intervalos de 72 e 90 dias. As colheitas em intervalos de 60 dias em transplante realizado no verão e em 72 dias em transplante realizado no inverno são mais apropriadas para produção de fitomassa de manjerona.

Palavras-chave: *Origanum majorana* L. Cultivo protegido. Taxa de incremento diário.

ABSTRACT

Marjoram (*Origanum majorana* L.) is a spice, medicinal and aromatic species of interest of pharmaceutical, herbal and food industries. The accumulated phytomass production in plants of this group is influenced by the harvest interval to which it is submitted. The aim of this study was to determine the appropriate harvest interval for phytomass production of marjoram in summer and winter transplants. Two experiments were performed in a soilless cultivation

system, in a protected environment, the first with transplantation performed in summer and the second with transplantation performed in winter. It was used a completely randomized design with five treatments, being the intervals between successive harvests of 30, 45, 60, 72 and 90 days after transplantation, with four replications. It was performed 12, 8, 6, 5 and 4 harvests at intervals of 30, 45, 60, 72 and 90 day after transplantation, respectively. For each harvest, the fresh and dry masses of leaves, branches and shoots (in g plant⁻¹) were determined. At 12 months after transplantation, the masses of each harvest in each of the plants (repetitions) were added to obtain the accumulated production. These accumulated values were used in the statistical analyzes to compare the average yield per harvest interval. The daily increment rate was determined by relating the cumulative yield data of the crops (y) versus the days after transplantation (x) over the 12 months, obtaining a linear equation $y = bx + a$ for each interval, where b is the slope of the line, equivalent to the daily increment rate, which represents the average value of mass increase per day. These values were used in the variance analysis and mean comparison test to compare the daily increment rate (b) between the intervals. The fresh and dry leaf masses, respectively, in summer transplant were higher at 60 days (744.86 g plant⁻¹; 138.96 g plant⁻¹) and 90 days (711.56 g plant⁻¹; 147.19 g plant⁻¹). Leaf fresh matter mass in winter transplant was higher at 72 days (546.86 g plant⁻¹) and 90 days (634.19 g plant⁻¹) and leaf dry matter mass was higher at 90 days (139.90 g plant⁻¹). The daily increment rate for fresh and dry leaf mass in summer transplant was higher at 90 days. In winter transplant, the daily increment rates for leaf fresh matter mass were higher at 72 and 90 days. Harvesting at 60-day intervals in summer transplants and 72-day winter transplants are most appropriate for marjoram phytomass production.

Key words: *Origanum majorana* L. Protected cultivation. Daily incremente rate.

INTRODUÇÃO

As plantas condimentares, medicinais e aromáticas têm demonstrado crescente importância no mercado brasileiro, estando presentes em feiras e mercados, para consumo condimentar, além de despertar o interesse das indústrias farmacêutica e cosmética. Grande parte da produção dessas espécies está concentrada na agricultura familiar e, por exigir pouca mecanização e permitir o cultivo durante todo o ano, gera uma alternativa de renda para pequenos produtores (CORRÊA JUNIOR; SCHEFFER, 2013).

Dentre as espécies mais consumidas no Brasil, tem-se a manjerona (*Origanum majorana* L.), cujas partes mais utilizadas na forma *in natura* são as folhas (PEREIRA; SANTOS, 2013). Além da utilização condimentar, possui características medicinais de interesse das indústrias farmacêutica, fitoterápica e alimentícia, como a propriedade antibacteriana (JOSHI; LEKAK; SHARMA, 2009), antifúngica (LEEJA; THOPPIL, 2007), antioxidante (MOSSA; NAWWAR, 2011; ROBY et al., 2013), antiespasmódica e vasodilatadora arterial (JELALI et al., 2011).

O crescimento e o desenvolvimento das plantas são influenciados por fatores climáticos, como temperatura e radiação, podendo resultar em comportamentos distintos das plantas, mesmo para uma mesma espécie (PINTO et al., 2007; BIASI et al., 2009). O cultivo protegido permite manejar os fatores climáticos, a fim de favorecer a produção de plantas (SANTOS; SEABRA JÚNIOR; NUNES, 2010). O cultivo de plantas nesse sistema pode ser realizado fora do solo, com uso de solução nutritiva para fertirrigação (SABIR; SINGH, 2013), que tem demonstrado ser promissor e viável no cultivo de plantas medicinais (MAIA et al., 2014).

Em diversos estudos com plantas condimentares, medicinais e aromáticas, tem-se verificado a influência do intervalo de colheita sobre a produção de fitomassa das culturas. May et al. (2010) verificaram maior acúmulo de massa de matéria seca de parte aérea de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em maiores intervalos de colheita. O mesmo foi observado por May et al. (2008) para a espécie de *Cymbopogon flexuosus* (capim-limão). Já Sabra et al. (2018), verificaram um aumento da biomassa de *Plectranthus amboinicus* até a terceira colheita (6 meses após o transplante), com posterior decréscimo. Isso evidencia diferentes respostas das plantas aos intervalos de colheita, demonstrando a importância de estudar as respostas de cada espécie para determinado tipo de manejo, a fim de ampliar o conhecimento e facilitar a programação do cultivo, visando maiores produtividades.

Outro fator de influência na produção de fitomassa de plantas é a época do transplante. Luz et al. (2014) verificaram maior altura de plantas e maior massa fresca de folhas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) no transplante realizado no verão em relação ao transplante na primavera. Para a espécie medicinal funcho (*Foeniculum vulgare* Mill.), cultivada no Egito (hemisfério Norte), a sementeira em 7 de outubro resultou em maior crescimento vegetativo e produtividade (frutos planta⁻¹), em relação às plantas semeadas em 15 de setembro e 1 de novembro (SELIM et al., 2013).

O objetivo desse trabalho foi determinar o intervalo de colheita apropriado para produção de fitomassa de manjerona em transplantes realizados no verão e no inverno.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos com manjerona foram conduzidos em sistema de cultivo fora do solo, em ambiente protegido do tipo abrigo de 115 m² (5×23 m), coberto com polietileno aditivado anti-UV de 150 µm de espessura, localizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O primeiro experimento foi instalado em 28 de

dezembro de 2017 (transplante no verão) e conduzido até 23 de dezembro de 2018 (12 meses) e o segundo instalado em 28 de junho de 2018 (transplante no inverno) e conduzido até 23 de junho de 2019 (12 meses).

Durante o período de cultivo, a temperatura do ar no interior do abrigo foi registrada por um *data logger* digital (resolução 0,1°C e exatidão 0,5°C), instalado em um abrigo meteorológico. A radiação solar foi registrada na estação meteorológica automática, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 300 m do ambiente de cultivo.

As mudas de manjerona (*Origanum majorana* L.) utilizadas no experimento 1 (transplante no verão) foram obtidas em uma Agropecuária da região. As mudas de manjerona utilizadas no experimento 2 (transplante no inverno) foram produzidas no mesmo local do experimento, utilizando plantas matrizes cultivadas em estufa, em cultivo fora do solo. Para isso, foram utilizadas estacas de 4 cm das ponteiros dos ramos das plantas, deixando-se duas folhas expandidas na extremidade, as quais foram colocadas em contato com o hormônio ácido indolbutírico (AIB) em pó (concentração de 0,1%), e em seguida colocadas em bandejas de isopor contendo substrato comercial. As bandejas com as mudas produzidas foram colocadas sobre uma bancada, dentro da estufa, com irrigação do tipo aspersão, onde permaneceram até a formação do sistema radicular. O transplante das mudas foi realizado após 45 dias, quando o sistema radicular estava bem formado.

Nos dois experimentos, as mudas foram transplantadas para vasos de polietileno de 3 dm³, de cor branca, preenchidos com substrato comercial *MecPlant* (composto de casca de Pinus, vermiculita, corretivo de acidez e macronutrientes), no dia 28 de dezembro de 2017 (experimento 1) e no dia 28 de junho de 2018 (experimento 2). Os vasos foram dispostos sobre bancadas de 1,10 m de largura e 4 m de comprimento e altura de 80 cm do piso de concreto. Foram utilizadas duas bancadas em cada experimento. Em cada bancada foram acondicionados 44 vasos, resultando em 88 vasos e, conseqüentemente, 88 plantas em cada experimento. A fim de padronizar os experimentos e permitir as mesmas condições de crescimento às plantas, entre os tratamentos foram utilizadas plantas como bordadura, as quais foram podadas a cada 30 dias. Nas parcelas dos tratamentos, as plantas centrais foram utilizadas como repetições e as laterais foram colhidas nas mesmas datas dos intervalos, porém descartadas, sendo utilizadas como bordaduras dos tratamentos (APÊNDICES B e C). Dessa forma, foram utilizadas nas avaliações 20 plantas por experimento, sendo as demais consideradas bordaduras do experimento e bordaduras dos tratamentos.

As irrigações e fertirrigações foram realizadas por gotejamento por meio de fitas gotejadoras, posicionadas na parte superior dos vasos, com um gotejador por planta. A solução nutritiva foi preparada e armazenada em caixas de polipropileno de 500 L e fornecida às plantas por meio de uma motobomba controlada por um programador horário. Foi utilizada solução nutritiva com a seguinte composição: 8,69 de NO_3^- ; 1,86 de NH_4^+ ; 4 de H_2PO_4^- ; 6 de K^+ ; 4 de Ca^{2+} ; 2 de Mg^{2+} e 2 de SO_4^- (em mmol L^{-1}). Os micronutrientes foram fornecidos nas concentrações de (em mg L^{-1}) 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu; 0,50 de Mn; 0,22 de Zn e 1,0 de Fe na forma quelatizada. Os macronutrientes foram fornecidos por meio de fertilizantes nitrato de potássio, fosfato de amônio monobásico, nitrato de cálcio-Calclinit e sulfato de magnésio. A condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva foi monitorada semanalmente e corrigida com adição de alíquotas de nova solução sempre que necessário, mantendo o valor em torno de $1,84 \text{ dS m}^{-1}$.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, sendo eles os intervalos entre colheitas sucessivas de 30, 45, 60, 72 e 90 dias, a partir da data do transplante, com quatro repetições, onde cada repetição equivale a uma planta. As colheitas foram realizadas a uma altura de 7 cm da base da planta, a fim de permitir o rebrote dos ramos. Foram determinadas as massas de matéria fresca de folhas, de ramos e parte aérea (folhas + ramos) em g planta^{-1} e as massas de matéria seca de folhas, de ramos e parte aérea (folhas + ramos), g planta^{-1} , obtidas após secagem das amostras em estufa de ventilação forçada a 65°C , por sete dias.

Após o período de 12 meses foi realizada a última colheita de todos os intervalos entre colheitas. No experimento 1 a última colheita foi no dia 23 de dezembro de 2018 e no experimento 2 no dia 23 de junho de 2019. Ao final dos experimentos foram obtidas 12 colheitas do intervalo de 30 dias, oito colheitas do intervalo de 45 dias, seis colheitas do intervalo de 60 dias, cinco colheitas do intervalo de 72 dias e quatro colheitas do intervalo de 90 dias. As massas de cada colheita, em cada uma das plantas (repetições) foram somadas para obtenção da produção acumulada. Esses valores acumulados foram utilizados nas análises estatísticas para comparação da produção por intervalo de colheita. Cada colheita foi realizada em uma data após o transplante. Por exemplo, para o intervalo entre colheitas de 30 dias, tem-se um valor de produção de massas fresca e seca de folhas, ramos e parte aérea das plantas a cada 30 dias após o transplante, iniciando nos 30 dias após o transplante (primeira colheita), seguindo para 60 dias após o transplante (segunda colheita) e assim sucessivamente até os 360 dias após o transplante (décima segunda colheita).

Para cada planta (repetição) de cada intervalo de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias), em cada um dos transplantes (verão e inverno), foi determinada a taxa de incremento diário das plantas. Essa taxa foi obtida relacionando os dados de produção acumulada das colheitas (y) *versus* os dias após o transplante (x) ao longo dos 12 meses, obtendo, assim, uma equação linear $y = bx + a$ para cada intervalo, em que y é a massa, x é o número de dias após o transplante e b é a inclinação da reta, equivalente à taxa de incremento diário, o qual representa o valor médio de acréscimo de massa por dia e a é o valor do intercepto. Dessa forma, foi obtido um valor de b (taxa de incremento diário) para cada planta (repetição) de cada intervalo. Esses valores foram utilizados na análise de variâncias e teste de comparação de médias, a fim de comparar a taxa de incremento diário (b) entre os intervalos.

Foi verificada a normalidade dos erros de cada variável avaliada (massas de matéria fresca e seca de folhas, ramos e parte aérea e taxa de incremento diário) pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett. Foi realizada a análise de variância, seguida do teste de Scott-Knott para comparação das médias. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos softwares Action (ESTATCAMP, 2014) e Sisvar 5.7 (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa de matéria fresca acumulada de folhas, ramos e parte aérea de manjerona no cultivo realizado no verão, no final do período de 12 meses, apresentou diferença significativa entre os intervalos de colheita (Tabela 3-1). A massa de matéria fresca acumulada de folhas variou de 383,78 a 744,86 g planta⁻¹ entre os intervalos de colheita. Os intervalos que apresentaram maior produção acumulada foram 60 dias (744,86 g planta⁻¹) e 90 dias (711,56 g planta⁻¹). O intervalo de 30 dias apresentou a menor produção acumulada de folhas (383,78 g planta⁻¹).

A massa de matéria fresca acumulada de ramos variou de 197,01 a 469,30 g planta⁻¹. Os intervalos com produção acumulada mais elevada foram 60 dias (444,83 g planta⁻¹), 72 dias (467,09 g planta⁻¹) e 90 dias (469,30 g planta⁻¹), enquanto que o intervalo de 30 dias teve a menor produção acumulada de ramos (197,01 g planta⁻¹). Já a massa de matéria fresca acumulada da parte aérea da planta oscilou entre 580,79 e 1189,69 g planta⁻¹. A menor produção acumulada foi obtida no intervalo de 30 dias. Os intervalos de 45, 60, 72 e 90 dias não diferiram entre si, com valores de 1001,23 g planta⁻¹, 1189,69 g planta⁻¹, 1079,69 g planta⁻¹ e 1180,86 g planta⁻¹, respectivamente.

A massa de matéria seca acumulada de folhas, ramos e parte aérea de manjerona no cultivo fora do solo, no final do período de 12 meses de cultivo, também apresentou diferença significativa entre os intervalos de colheita (Tabela 3-1). A massa de matéria seca acumulada de folhas condiz com o observado na massa fresca, em que os intervalos que tiveram maior produção acumulada foram 60 dias (138,96 g planta⁻¹) e 90 dias (147,19 g planta⁻¹). O intervalo de 30 dias teve a menor massa de matéria seca acumulada de folhas (56,95 g planta⁻¹). A maior massa de matéria seca acumulada de ramos foi obtida no intervalo de 90 dias (127,21 g planta⁻¹). O intervalo de 30 dias (25,96 g planta⁻¹) teve a menor massa seca acumulada de ramos. A massa de matéria seca acumulada da parte aérea teve a maior produção no intervalo de 90 dias (274,40 g planta⁻¹).

Tabela 3-1 – Massas de matéria fresca e seca acumulada (g planta⁻¹) de folhas, ramos e parte aérea de *Origanum majorana* L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no verão.

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria fresca acumulada (g planta ⁻¹)		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	383,78 c	197,01 c	580,79 b
45	644,60 b	356,63 b	1001,23 a
60	744,86 a	444,83 a	1189,69 a
72	612,60 b	467,09 a	1079,69 a
90	711,56 a	469,30 a	1180,86 a
CV%	10,96	10,44	10,38
Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria seca acumulada (g planta ⁻¹)		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	56,95 c	25,96 d	82,91 d
45	106,35 b	56,68 c	163,02 c
60	138,96 a	91,72 b	230,68 b
72	106,87 b	91,95 b	198,82 b
90	147,19 a	127,21 a	274,40 a
CV%	13,13	14,48	13,34

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A massa de matéria fresca acumulada de folhas, ramos e parte aérea de manjerona no transplante realizado no inverno apresentou diferença significativa entre os intervalos de colheita (Tabela 3-2). A massa de matéria fresca acumulada de folhas por planta variou de 227,61 a 634,19 g planta⁻¹ entre os intervalos de colheita. Os intervalos que obtiveram maior produção acumulada foram 72 dias (546,86 g planta⁻¹) e 90 dias (634,19 g planta⁻¹), enquanto que a menor produção foi verificada no intervalo de 30 dias (227,61 g planta⁻¹). A massa de matéria fresca acumulada de ramos foi superior no intervalo de 90 dias, com 529,62 g planta⁻¹, seguido do intervalo de 72 dias com produção acumulada de 382,02 g planta⁻¹. O intervalo de 30 dias teve a menor produção acumulada de ramos, com 121,73 g planta⁻¹. A massa de matéria fresca acumulada da parte aérea também foi superior no intervalo mais longo, 90 dias (1163,80 g planta⁻¹). A menor produção foi obtida no intervalo de 30 dias (349,34 g planta⁻¹).

A massa de matéria seca acumulada de folhas, ramos e parte aérea de manjerona, no transplante realizado no inverno, também apresentou diferença significativa entre os intervalos de colheita, com valores mais elevados verificados no intervalo de 90 dias e os menores no intervalo de 30 dias (Tabela 3-2). A massa de matéria seca acumulada de folhas no intervalo de 90 dias foi de 139,90 g planta⁻¹ e no de 30 dias foi de 38,09 g planta⁻¹. A massa de matéria seca acumulada de ramos no intervalo de 90 dias foi 138,05 g planta⁻¹, superior ao obtido no intervalo de 30 dias (15,75 g planta⁻¹). A massa de matéria fresca acumulada da parte aérea no intervalo de 90 dias foi de 277,95 g planta⁻¹ e no de 30 dias foi de apenas 53,84 g planta⁻¹.

Em ambas as épocas de transplante a maior produção de biomassa foi observada nos intervalos mais longos. Esse resultado está de acordo com o verificado por May et al. (2010) em plantas de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.), em que o maior acúmulo de massa seca de parte aérea foi observada no intervalo de 120 dias, sendo que foram utilizados os intervalos de 60, 80, 100 e 120 dias (com cinco, quatro, três e dois cortes ao longo do ciclo, respectivamente). Segundo os autores, a colheita de plantas medicinais em intervalos mais curtos proporciona um menor período de recuperação da planta, o que pode reduzir a sua produtividade final. May et al. (2008) observaram resultados semelhantes em relação ao acúmulo de massa de matéria seca de parte aérea em diferentes intervalos entre colheitas, de 40, 60, 80 e 100 dias, em que foram realizadas seis, três, três e duas colheitas ao todo, respectivamente, para a espécie *Cymbopogon flexuosus*, em que houve um acréscimo da produção de massa, com as plantas atingindo o maior acúmulo no intervalo de 100 dias.

Tabela 3-2 – Massas de matéria fresca e seca acumulada (g planta⁻¹) de folhas, ramos e parte aérea de *Origanum majorana* L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no inverno.

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria fresca acumulada (g planta ⁻¹)		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	227,61 c	121,73 d	349,34 d
45	448,54 b	262,78 c	711,31 c
60	393,98 b	282,97 c	676,94 c
72	546,86 a	382,02 b	928,88 b
90	634,19 a	529,62 a	1163,80 a
CV%	12,79	13,11	12,68

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria seca acumulada (g planta ⁻¹)		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	38,09 d	15,75 d	53,84 d
45	82,62 c	44,28 c	126,90 c
60	76,24 c	58,18 c	134,42 c
72	115,14 b	94,84 b	209,98 b
90	139,90 a	138,05 a	277,95 a
CV%	14,30	13,41	13,68

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Embora a maior produção de matéria fresca de folhas tenha ocorrido nos intervalos de 60 e 90 dias no transplante no verão e 72 e 90 dias no transplante no inverno, deve-se considerar que o ciclo natural da manjerona dura cerca de 60 dias (PEREIRA; SANTOS, 2013), período em que ocorre a floração dessa espécie, ou seja, em intervalos mais longos que 60 dias, a planta já inicia o processo de senescência natural. Dessa forma, visto que não há diferença entre os intervalos citados, recomenda-se utilizar o intervalo de 60 dias no transplante no verão e 72 dias no transplante no inverno, o que proporciona maior produção acumulada de biomassa no final do ciclo, permitindo ter plantas mais jovens e saudáveis no momento da colheita, com menor quantidade de folhas senescentes (APÊNDICES G e H). Além disso, em menores intervalos, a massa de plantas no momento da colheita é menor, o que facilita o manejo e reduz os custos operacionais (MAY et al., 2010).

Em um estudo realizado com acessos de manjerona (*O. majorana* L.), no sul da Jordânia, Ibrahim et al. (2012) verificaram a massa fresca em três datas de primeira colheita das plantas, sendo elas realizadas no final de fevereiro (florescimento), início de março e final de março. Em cada data de colheita foram realizadas três colheitas consecutivas, a cada trinta dias. Os autores verificaram maior massa fresca e seca de manjerona com a colheita realizada em fevereiro ($227,5 \text{ g planta}^{-1}$, $59,5 \text{ g planta}^{-1}$, respectivamente), em comparação às demais datas.

Avaliando a produção de macela (*Egletes viscosa* L.) em cultivo convencional, em Fortaleza, CE, utilizando sete épocas de colheitas (aos 75, 85, 95, 105, 115, 125 e 135 dias após o transplante), Bezerra et al. (2008) observaram acréscimo de produção de biomassa com o aumento dos intervalos de colheita, atingindo os maiores valores aos 135 dias após o transplante. Para outra espécie de planta condimentar, o alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.), Figueiredo et al. (2009) também verificaram aumento da produção de biomassa em maiores intervalos de colheita. Os intervalos utilizados foram de 120, 180, 240, 300 e 360 dias após o transplante e a máxima produção de biomassa foi atingida aos 345 dias. Isso demonstra que plantas desse grupo possuem bom potencial de rebrota, desde que respeitado o período de recuperação, permitindo a produção por um longo período de tempo. Já Gharib, Moussa e Massoud (2008), para a espécie *Majorana hortensis*, verificaram decréscimo da massa fresca e seca de plantas ao longo das colheitas, sendo elas realizadas aos 120, 180 e 240 dias após o transplante. No entanto, esses estudos não foram realizados em colheitas consecutivas ao longo do ciclo, sendo as plantas colhidas apenas uma vez para avaliação, não havendo informações sobre a resposta das plantas a diversas colheitas e seu rendimento total ao longo de um ciclo de cultivo.

A taxa de incremento diário das massas de matéria fresca e seca de folhas, ramos e parte aérea de manjerona no cultivo fora do solo em 12 meses de cultivo, com o transplante realizado no verão, apresentou diferença significativa entre os intervalos de colheita (Tabela 3-3). Para as massas de matéria fresca e seca acumulada de folhas a taxa foi superior em 90 dias, indicando que no intervalo mais longo as plantas conseguem ter maior acúmulo de massa. O mesmo foi verificado quanto a taxa de incremento de massa seca de ramos e parte aérea. Resultado oposto foi verificado no intervalo de 30 dias, em que a taxa de incremento diário é menor, conforme observado na produção acumulada de fitomassa, indicando que em intervalos curtos de tempo as plantas não conseguem se recuperar e produzir biomassa como em intervalos mais longos.

Tabela 3-3 – Taxa de incremento diário (g planta⁻¹) de massas de matéria fresca e seca de folhas ramos e parte aérea *Origanum majorana* L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no verão.

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria fresca		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	0,9948 c	0,4549 c	1,4497 b
45	1,6965 b	0,9673 b	2,6638 a
60	1,9208 b	1,1721 b	3,0929 a
72	1,8079 b	1,3943 a	3,2022 a
90	2,2225 a	1,4180 a	3,6405 a
CV%	13,70	13,94	13,33

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria seca		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	0,1276 d	0,0462 d	0,1737 d
45	0,2484 c	0,1276 c	0,3759 c
60	0,3256 b	0,2094 b	0,5350 b
72	0,2811 c	0,2352 b	0,5164 b
90	0,4326 a	0,3465 a	0,7791 a
CV%	15,28	15,65	15,06

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A taxa de incremento diário de massas de matéria fresca e seca de folhas, ramos e parte aérea de manjerona, no transplante realizado no inverno, também apresentou diferença entre os intervalos de colheita (Tabela 3-4). Para todas as variáveis a taxa de incremento diário foi inferior em 30 dias, assim como no transplante realizado no verão. Para o caractere massa de matéria fresca de folhas as maiores taxas de incremento diário foram verificadas nos intervalos de 72 e 90 dias, ou seja, nos intervalos mais longos, os quais possuem maior tempo de recuperação de plantas e menor número de colheitas, resultando em maior produtividade da planta (MAY et al., 2010).

Tabela 3-4 – Taxa de incremento diário (g planta⁻¹) de massas de matéria fresca e seca de folhas ramos e parte aérea *Origanum majorana* L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no inverno.

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria fresca		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	0,7451 d	0,4099 d	1,1550 d
45	1,5082 b	0,8754 c	2,3836 c
60	1,2164 c	0,8797 c	2,0961 c
72	1,7646 a	1,2392 b	3,0038 b
90	1,9689 a	1,5487 a	3,5175 a
CV%	13,37	13,22	13,09

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria seca		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	0,1283 d	0,0552 d	0,1835 d
45	0,2881 c	0,1543 c	0,4423 c
60	0,2440 c	0,1910 c	0,4350 c
72	0,3868 b	0,3271 b	0,7139 b
90	0,4715 a	0,4648 a	0,9364 a
CV%	15,41	14,27	14,71

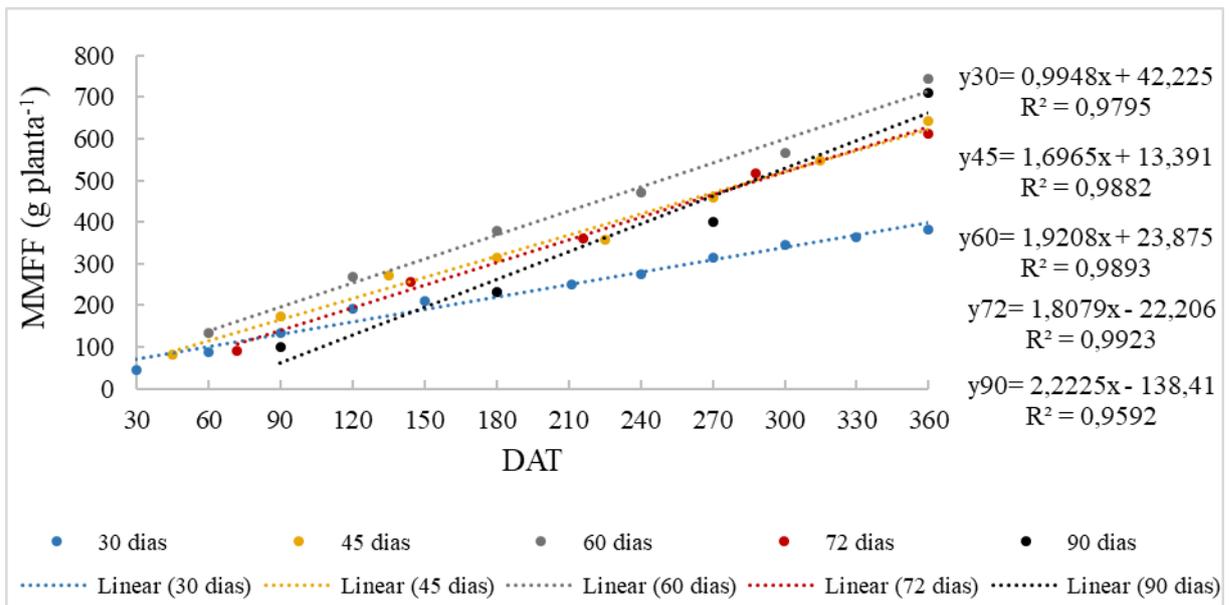
Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

As taxas de incremento diário para todos os caracteres avaliados também revelaram valores superiores em intervalos mais longos de colheita, ou seja, nessas situações a planta tem mais tempo de recuperação entre colheitas, proporcionando maior potencial de produção de massa por dia, o que resulta em maior produção total ao final do ciclo, conforme foi observado na produção de fitomassa acumulada em ambas as épocas de transplante. Plantas colhidas mais cedo (intervalos menores) são prejudicadas, pois ainda estão em estágio de desenvolvimento e adaptação, o que pode afetar seu crescimento e resultar em plantas mais fracas (IBRAHIM et al., 2012).

A produção de biomassa acumulada ao longo do período de cultivo e a taxa de incremento diário podem ser observadas graficamente. A massa de matéria fresca acumulada de folhas de manjerona nos dias após o transplante realizado no verão, para cada intervalo de colheita e suas respectivas equações lineares podem ser observadas na Figura 3-1, em que os

pontos representam o valor médio das quatro repetições. Os intervalos com maior produção acumulada foram 60 dias e 90 dias e pode-se verificar pela inclinação da reta e pelo parâmetro b (taxa de incremento diário) das equações que o intervalo de 90 dias permitiu maior produção diária média de folhas no período do cultivo.

Figura 3-1 – Massa de matéria fresca de folhas (MMFF, g planta⁻¹) de *Origanum majorana* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.



As taxas de incremento diário de massa de matéria fresca de ramos foram similares nos intervalos de 72 e 90 dias, como pode-se verificar pela proximidade das retas na Figura 3-2. Já as taxas de incremento diário de massa de matéria fresca de parte aérea foram similares entre os intervalos, com exceção do intervalo de 30 dias, o qual foi inferior aos demais durante todo o ciclo de cultivo (Figura 3-3).

As taxas de incremento diário de massa de matéria seca de folhas, ramos e parte aérea foram superiores no intervalo de 90 dias, o qual possui a maior inclinação de reta entre os intervalos (Figuras 3-4, 3-5 e 3-6, respectivamente). Os intervalos mais curtos, como 30 e 45 dias, possuem menor acúmulo de massa durante todo o ciclo, o que pode ser verificado pela menor inclinação da reta.

Figura 3-2 – Massa de matéria fresca de ramos (MMFR, g planta⁻¹) de *Origanum majorana* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.

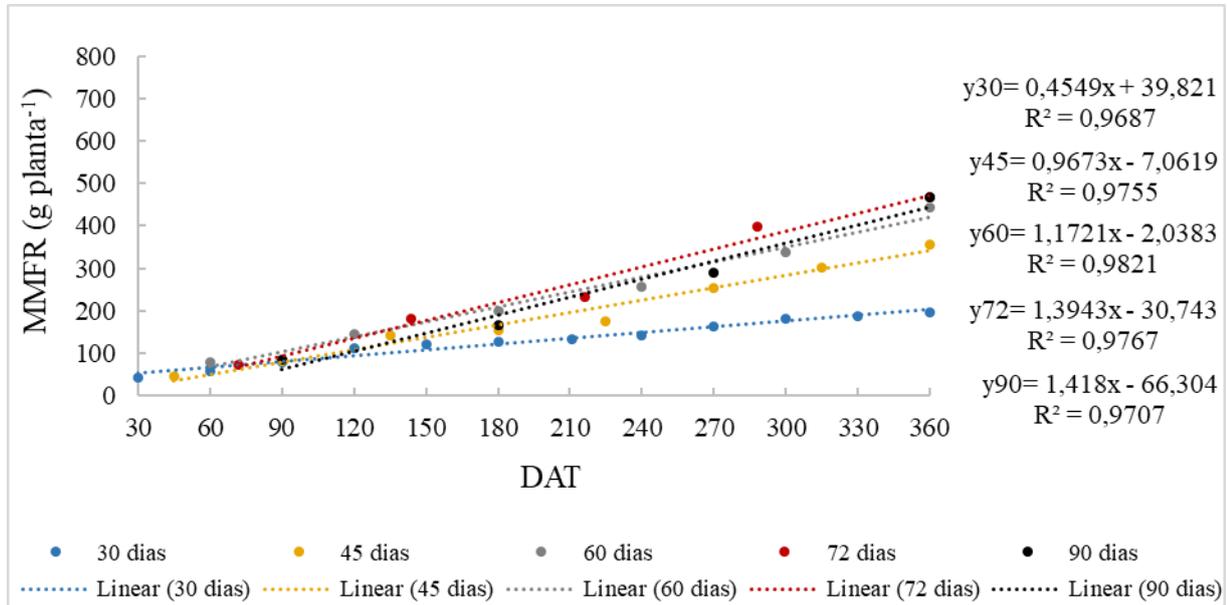


Figura 3-3 – Massa de matéria fresca de parte aérea (MMFPA, g planta⁻¹) de *Origanum majorana* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.

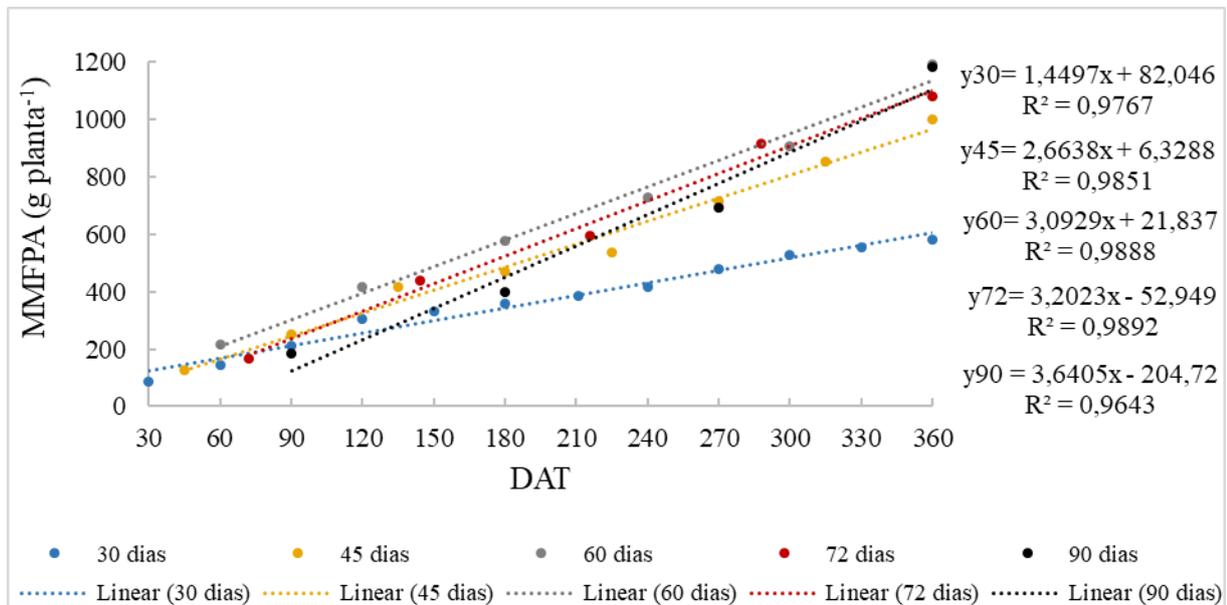


Figura 3-4 – Massa de matéria seca de folhas (MMSF, g planta⁻¹) de *Origanum majorana* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.

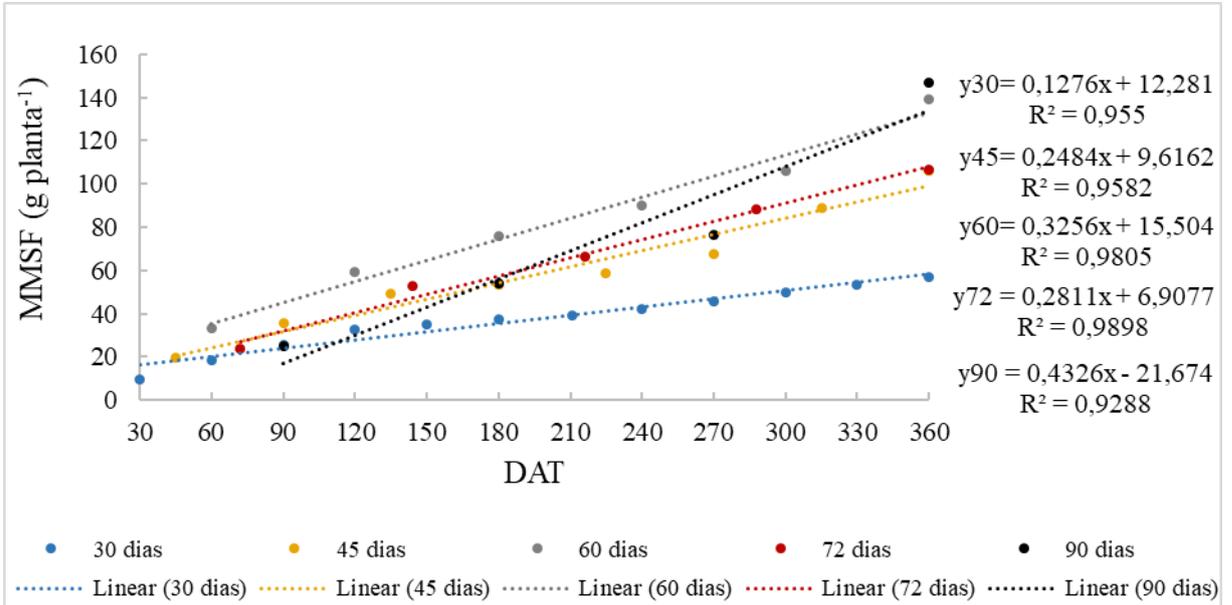


Figura 3-5 – Massa de matéria seca de ramos (MMSR, g planta⁻¹) de *Origanum majorana* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.

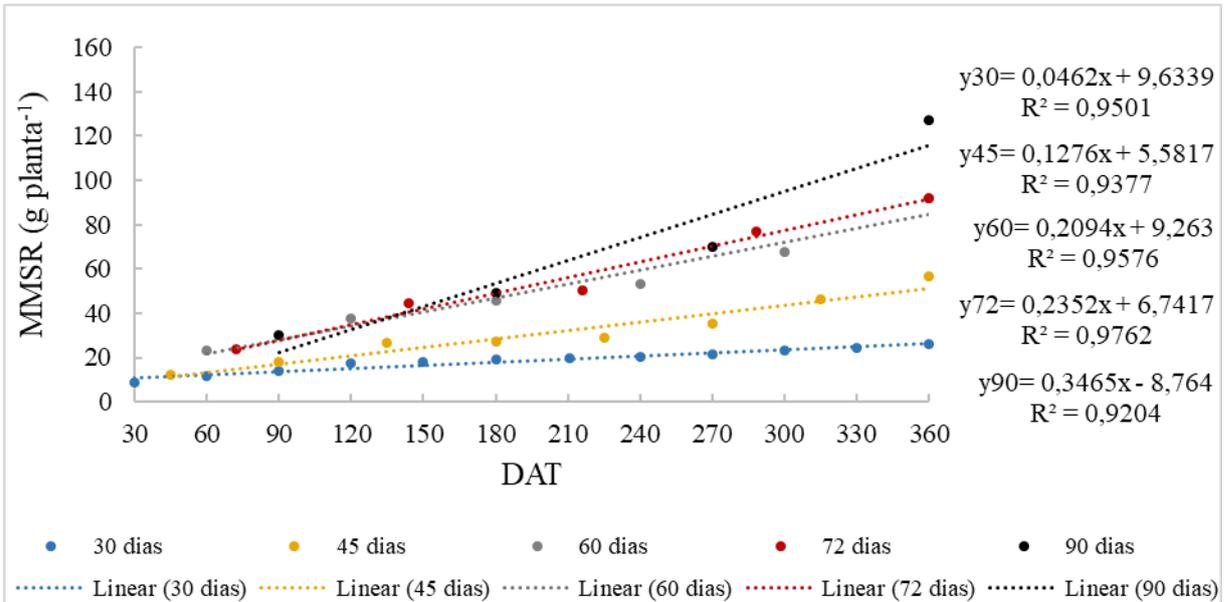
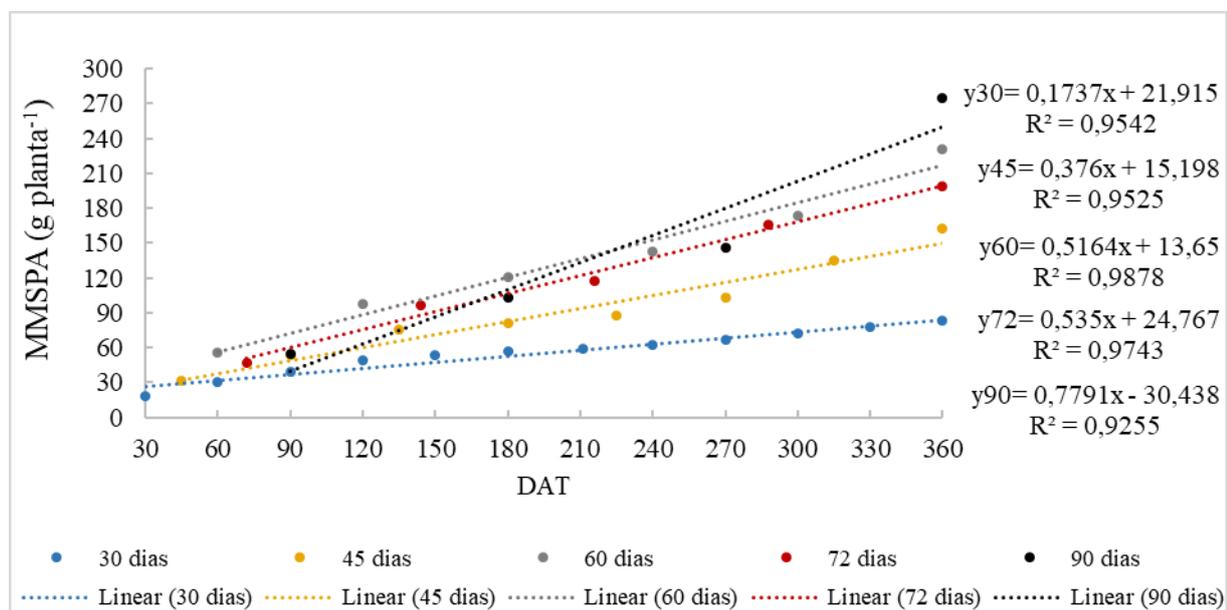


Figura 3-6 – Massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA, g planta⁻¹) de *Origanum majorana* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.



O transplante realizado no inverno proporcionou resultados distintos do transplante realizado no verão. Conforme pode-se verificar na Figura 3-7, os intervalos com maior taxa de incremento diário de massa de matéria fresca de folhas foram 72 e 90 dias, o que pode ser visualizado pela inclinação da reta e pelo parâmetro b das equações. O intervalo de 30 dias manteve-se inferior aos demais durante todo o período. As taxas de incremento diário de massa de matéria fresca de ramos e parte aérea, o intervalo de 90 dias foi superior aos demais, conforme observado pela reta nas Figuras 3-8 e 3-9, respectivamente.

As taxas de incremento diário de massa de matéria seca de folhas, ramos e parte aérea foram superiores no intervalo de 90 dias, seguido pelo intervalo de 72 dias. Os intervalos de 45 e 60 dias foram similares e o de 30 dias foi inferior aos demais, conforme pode-se observar nas Figuras 3-10, 3-11 e 3-12, respectivamente.

Figura 3-7 – Massa de matéria fresca de folhas (MMFF, g planta⁻¹) de *Origanum majorana* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.

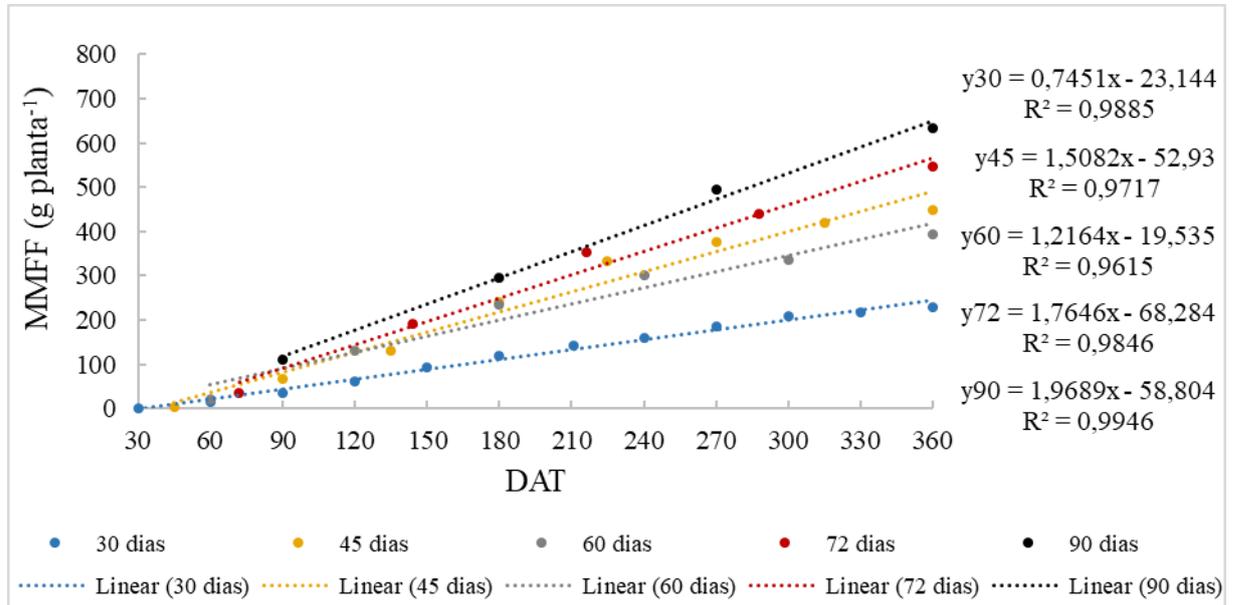


Figura 3-8 – Massa de matéria fresca de ramos (MMFR, g planta⁻¹) de *Origanum majorana* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.

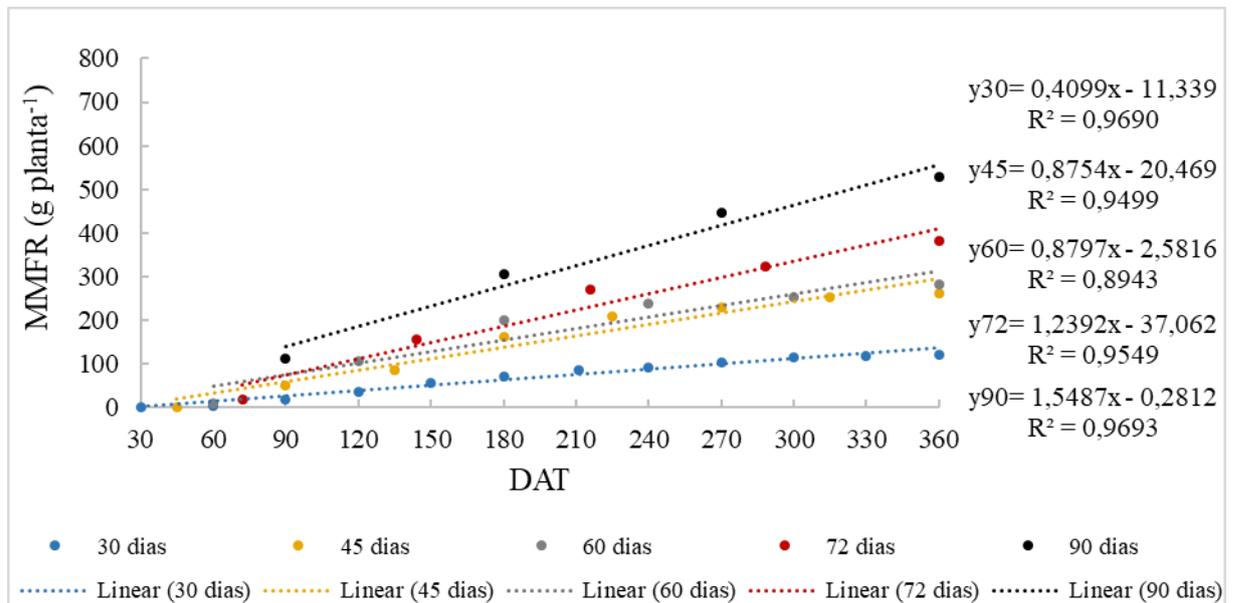


Figura 3-9 – Massa de matéria fresca de parte aérea (MMFPA, g planta⁻¹) de *Origanum majorana* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.

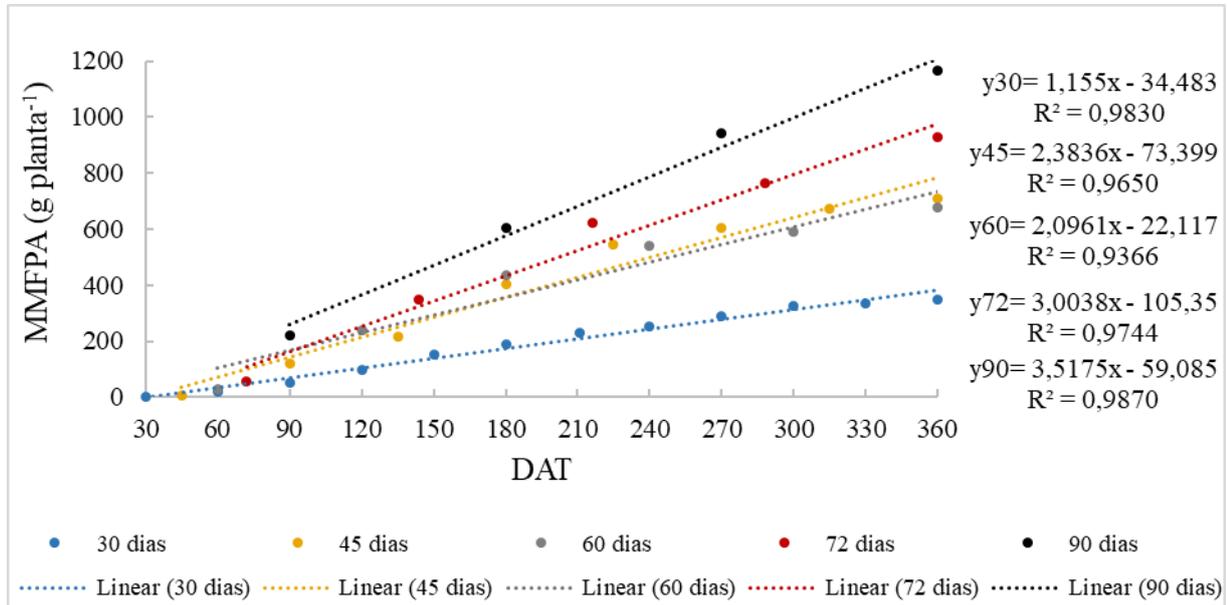


Figura 3-10 – Massa de matéria seca de folhas (MMSF, g planta⁻¹) de *Origanum majorana* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.

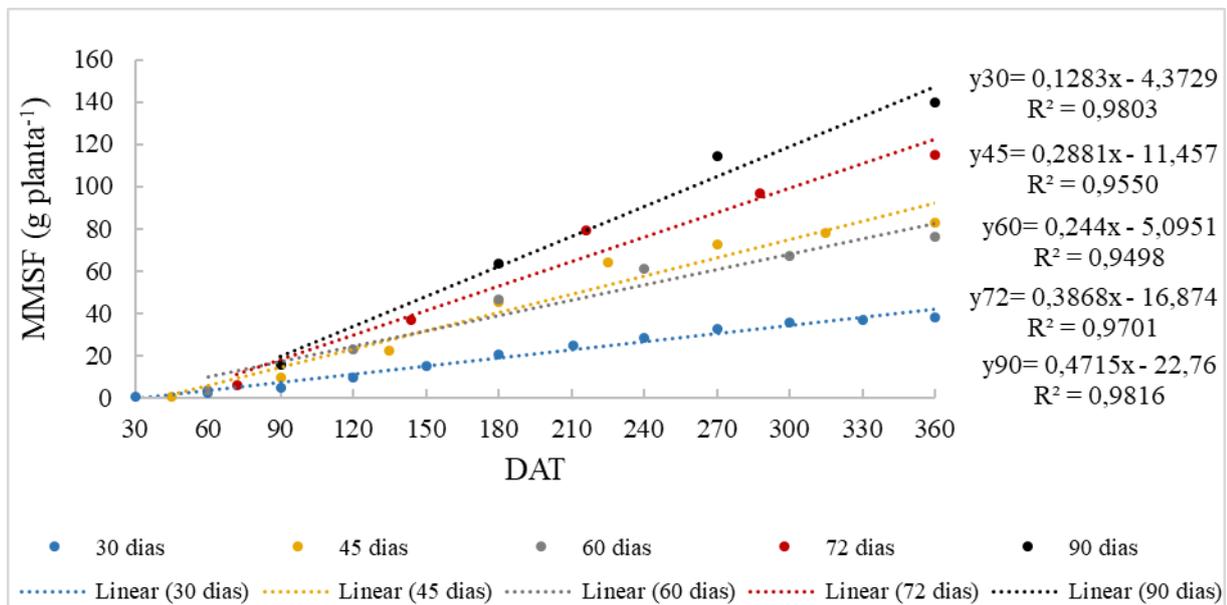


Figura 3-11 – Massa de matéria seca de ramos (MMSR, g planta⁻¹) de *Origanum majorana* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.

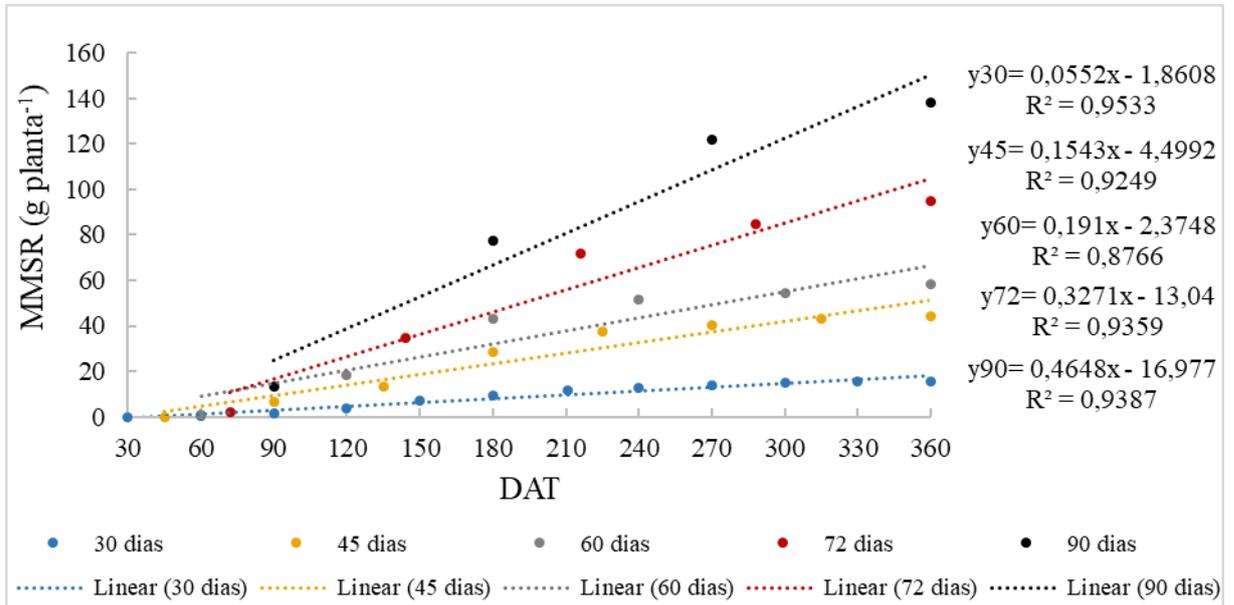
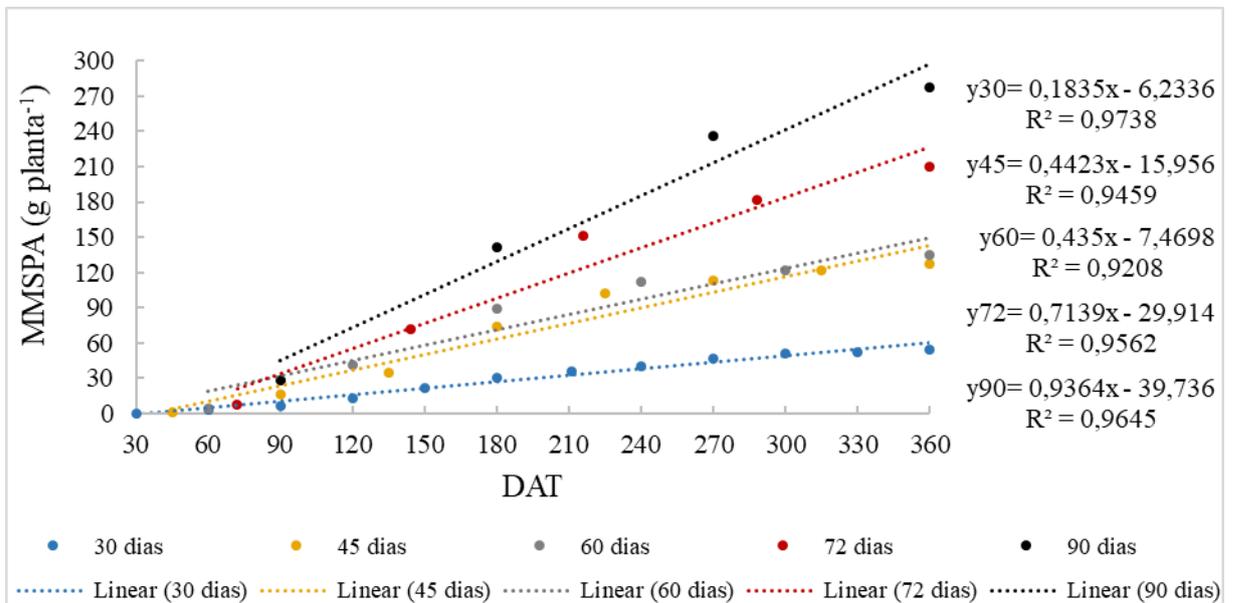


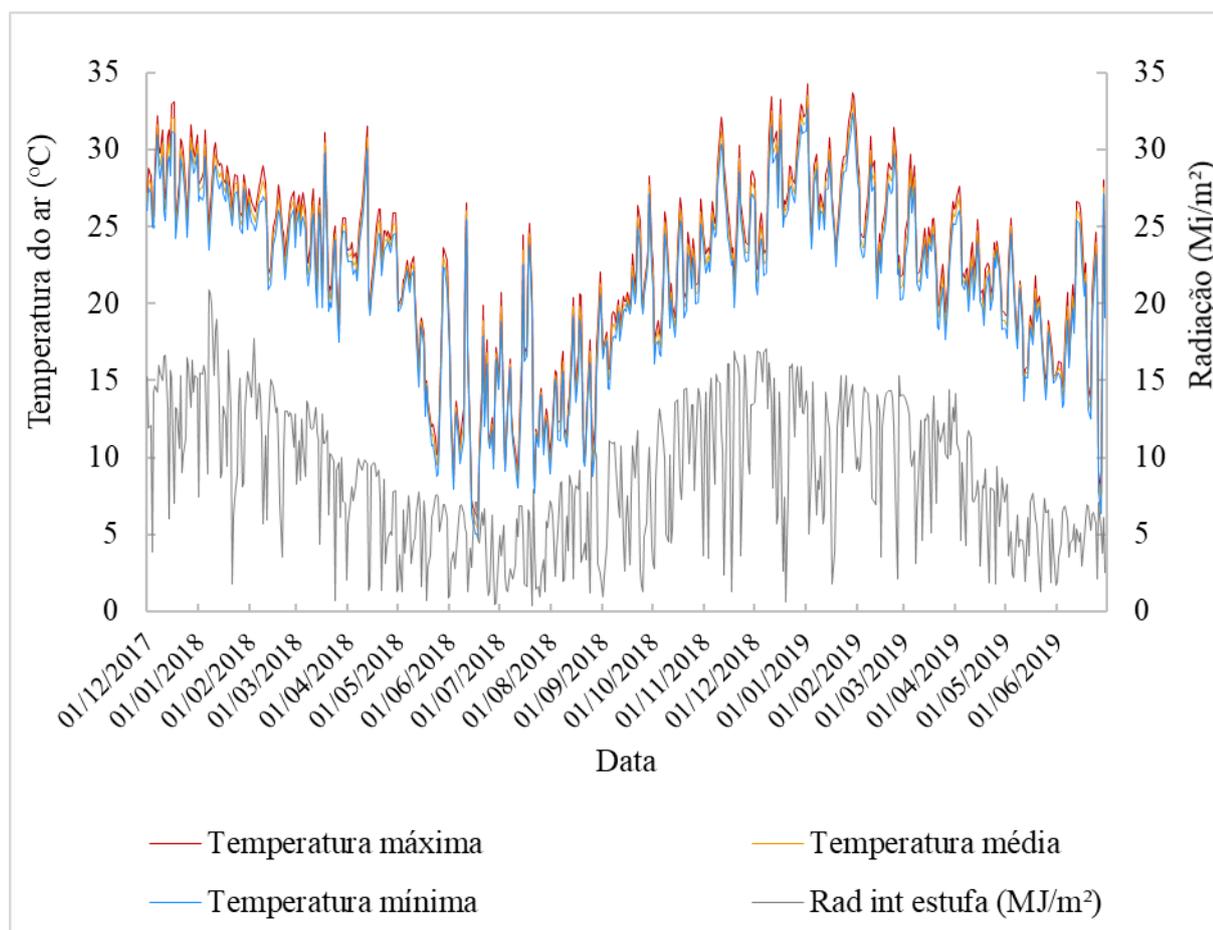
Figura 3-12 – Massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA, g planta⁻¹) de *Origanum majorana* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.



Nesse estudo foi possível verificar maior biomassa acumulada de manjerona no transplante realizado no verão em relação ao realizado no inverno, com exceção da massa de matéria fresca e seca de ramos e parte aérea em 90 dias e massa de matéria seca de ramos em

72 dias, em que os valores obtidos na segunda época de transplante (inverno) foram ligeiramente superiores aos obtidos na primeira época. Em todos os intervalos de colheita, para os caracteres de massa de matéria fresca e seca de folhas, que é a parte mais importante para espécies condimentares (IBRAHIM et al., 2012), o transplante no verão proporcionou melhores resultados durante o ciclo de cultivo. Isso deve-se às condições mais favoráveis de radiação solar e temperatura do ar (em torno de 25°C) no período de estabelecimento das plantas, após o transplante, que ocorreu no final de dezembro e início de janeiro (Figura 3-13). Assim, o transplante no verão mostra-se mais adequado para a produção de manjerona em cultivo protegido e fora do solo, pois essa espécie sofre com temperaturas mais baixas (PEREIRA; SANTOS, 2013).

Figura 3-13 – Temperatura média do ar (°C) e radiação solar (Mj m⁻²) no interior da estufa, no período de dezembro de 2017 a junho de 2019.



Resultado semelhante foi verificado por Sabra et al. (2018), estudando o crescimento de hortelã-gráuda (*Plectranthus amboinicus*) no Egito, em seis colheitas (aos 60, 120, 180,

240, 300 e 360 dias após o transplante), em que o peso máximo de plantas frescas foi observado na terceira colheita (180 dias após o transplante), que corresponde ao período de verão. Os autores atribuem esses resultados às condições climáticas mais adequadas nessa colheita, as quais favoreceram o crescimento e a produtividade das plantas. Estudando as épocas de colheita na produção de melissa (*Melissa officinallis* L.), Biasi et al. (2009) realizaram colheitas aos 84, 134 e 191 dias após o plantio e verificaram decréscimo na produção de biomassa na terceira época, em que a colheita foi realizada no final de maio (final do outono), onde houve redução da temperatura e radiação solar, o que pode ter determinado a redução da produtividade das plantas. A primeira colheita, realizada no verão, proporcionou os melhores resultados, que estão relacionados às condições de temperatura e radiação solar mais elevada.

Em estudo realizado com manjerona, a fim de avaliar o efeito de níveis de adubação orgânica e química no crescimento das plantas no Egito, Edris, Shalaby e Fadel (2003), realizaram dois cortes na manjerona, em junho e setembro (início e final do verão, respectivamente). Na colheita realizada em junho a massa fresca das plantas foi inferior à colheita realizada em setembro, com valores de 47,70 a 75,24 g planta⁻¹ na primeira e de 153,54 a 205,20 g planta⁻¹ na segunda. Esses resultados demonstram grande influência do período de colheita sobre o crescimento e produção das plantas, possivelmente em decorrência das condições climáticas distintas em cada período. A influência da radiação solar sobre a produção de biomassa também foi verificada em outras espécies de plantas medicinais. Silva et al. (2006) verificaram maior produção de biomassa em plantas de carqueja (*Baccharis trimera*) cultivadas a pleno sol (sem sombreamento) em relação a plantas cultivadas em diferentes níveis de sombreamento. Avaliando plantas de alfazema-do-Brasil (*Aloysia gratissima* [Gilles & Hook.] Tronc.) em diferentes níveis de sombreamento, Pinto et al. (2007) verificaram maior produção de biomassa em plantas cultivadas a pleno sol ou 40% de sombreamento, em relação a 80% de sombreamento, mostrando o efeito da radiação sobre a produção. O sombreamento mostrou efeito sobre a produção de massa de folhas e ramos de alfazema, em que os autores observaram menor produção em sombreamento de 80% em relação as plantas cultivadas a pleno sol ou a apenas 40% de sombreamento. Em outro estudo, realizado por Souza et al. (2007), com alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.), foi verificado que o crescimento da espécie é favorecido sob luz plena, embora suporte sombreamento parcial sem comprometimento da produção de fitomassa.

As condições climáticas são importantes tanto no período de transplante e estabelecimento das plantas, quanto no período de colheita. A influência do período de

colheita sobre a produção de biomassa de manjerona foi verificada por Zawislak e Dzida (2010), em estudo realizado na Polônia, em que a maior produção de massa fresca foi observada na segunda colheita, realizada no início de setembro (outono), nos dois anos de avaliação (0,82 e 0,74 kg m⁻²) em relação a primeira colheita (0,61 e 0,58 kg m⁻²), realizada em julho (verão). O mesmo foi observado para a massa seca, com produtividade de 0,22 e 0,15 kg m⁻² na primeira colheita e 0,31 e 0,26 kg m⁻² na segunda. As diferenças observadas entre os anos de avaliação foram atribuídas às condições climáticas. O mesmo foi verificado por Zawislak (2008), em que a maior produção média de massa fresca de manjerona foi obtida na segunda colheita (44,6 dt ha⁻¹), realizada no final de agosto, em relação a primeira (30,5 dt ha⁻¹), realizada em julho e por Nurzynska-Wierdak e Dzida (2009), em que a produção média de massa fresca de manjerona foi superior na colheita realizada em julho, na plena floração (0,79 kg m⁻²), em relação a colheita realizada em junho, no início da formação do botão floral (0,42 kg m⁻²).

Dessa forma, pode-se verificar a influência do intervalo entre colheitas sobre a produção de fitomassa de folhas de manjerona, o que deve ser considerado no manejo e escalonamento da produção nas diferentes épocas do ano, a fim de maximizar a produção.

CONCLUSÕES

As colheitas em intervalos de 60 dias em transplante realizado no verão e de 72 dias em transplante realizado no inverno são mais apropriadas para produção de fitomassa de folhas de manjerona.

REFERÊNCIAS

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

BIASI, L. A. et al. Tipos de cobertura do solo e épocas de colheita na produção de melissa. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 314-318, 2009.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. Boas práticas agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares. **Emater**, n. 88, 52 p., 2013.

EDRIS, A. E.; SHALABY, A.; FADEL, H. M. Effect of organic agriculture practices on the volatile aroma components of some essential oil plants growing in Egypt II: sweet marjoram (*Origanum majorana* L.) essential oil. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 18, n. 4, p. 345-351, 2003.

ESTATCAMP, E. **Software Action**. São Carlos: Estatcamp-Consultoria em estatística e qualidade, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FIGUEIREDO, L. S. et al. Efeito da época de colheita na produção de fitomassa e rendimento de óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n. 2, p. 154-158, 2009.

GHARIB, F. A.; MOUSSA, L. A.; MASSOUD, O. N. Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 10, n. 4, p. 381-387, 2008.

IBRAHIM, R. et al. Evaluation of agro-morphological characters and oil percentage of *Origanum syriacum* L. and *Origanum majorana* L. at three dates of initial cutting. **Jordan Journal of Agricultural Sciences**, v. 173, n. 800, p. 1-26, 2012.

JELALI, N. et al. salinity effects on growth, essential oil yield and composition and phenolic compounds content of marjoram (*Origanum majorana* L.) leaves. **Journal of Food Biochemistry**, v. 35, n. 5, p. 1443-1450, 2011.

JOSHI, B.; LEKHAK, S.; SHARMA, A. Antibacterial property of different medicinal plants: *Ocimum sanctum*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Xanthoxylum armatum* and *Origanum majorana*. **Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology**, v. 5, n. 1, p. 143-150, 2009.

LEEJA, L.; THOPPIL, J. E. Antimicrobial activity of methanol extract of *Origanum majorana* L. (Sweet marjoram). **Journal of Environmental Biology**, v. 28, n. 1, p. 145, 2007.

LUZ, J. M. Q. et al. Produção de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. em diferentes épocas. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 13, n. 1, p. 69-80, 2014.

MAIA, J. T. L. S. et al. Plantas medicinais em hidroponia: uma revisão de literatura. **Revista Bionorte**, v. 3, n. 1, p. 31-41, 2014.

MAY, A. et al. Influência do intervalo entre cortes sobre a produção de biomassa de duas espécies de capim limão. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 379-382, 2008.

MAY, A. et al. Produção de biomassa e óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em função da altura e intervalo entre cortes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 2, p.195-200, 2010.

MOSSA, A. T. H.; NAWWAR, G. A. M. Free radical scavenging and antiacetylcholinesterase activities of *Origanum majorana* L. essential oil. **Human & Experimental Toxicology**, v. 30, n. 10, p. 1501-1513, 2011.

NURZYNSKA-WIERDAK, R.; DZIDA, K. Influence of plant density and term of harvest on yield and chemical composition of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). **Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus**, v. 8, n. 1, p. 51-61, 2009.

PEREIRA, R.; SANTOS, O. G. **Plantas condimentares: cultivo e utilização**. Embrapa Agroindústria Tropical (Documentos), n. 161, 55 p., 2013.

PINTO, J. E. B. P. et al. Aspectos morfofisiológicos e conteúdo de óleo essencial de plantas de alfazema-do-Brasil em função de níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 210-214, 2007.

ROBY, M. H. H. et al. Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 827-831, 2013.

SABIR, N.; SINGH, B. Protected cultivation of vegetables in global arena: A review. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 83, n. 2, p. 123-135, 2013.

SABRA, A. S. et al. Response of biomass development, essential oil, and composition of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. to irrigation frequency and harvest time. **Chemistry & Biodiversity**, v. 15, n. 3, p. e1800005, 2018.

SANTOS, L. L.; SEABRA JÚNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 83-93, 2010.

SELIM, S. M. et al. Effect of sowing date, sow spacing and bio-fertilizer on yield and oil quality of fennel plant (*Foeniculum vulgare*, Mill.). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 7, n. 2, p. 882-894, 2013.

SILVA F. G. et al. Influence of radiation level on plant growth, yield, and quality of essential oil in carqueja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 52-57, 2006.

SOUZA, M. F. et al. Influência do sombreamento na produção de fitomassa e óleo essencial em alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 2, p. 108-110, 2007.

ZAWIŚLAK, G. et al. Dependence on harvest date and yielding of marjoram (*Origanum majorana* L.) cv. Miraz cultivated from a seedling. **Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus**, v. 7, n.2, p. 73-81, 2008.

ZAWIŚLAK, G.; DZIDA, K. Yield and quality of sweet marjoram herb depending on harvest time. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 9, n. 1, p. 65-72, 2010.

CAPÍTULO 4 – Fitomassa de menta em intervalos de colheita em transplantes no verão e no inverno

RESUMO

A menta (*Mentha x piperita* L.) é uma espécie condimentar, medicinal e aromática de interesse das indústrias farmacêutica e cosmética. O intervalo de colheita influencia na produção de fitomassa de plantas desse grupo. O objetivo desse trabalho foi determinar o intervalo de colheita apropriado para produção de fitomassa de menta em transplantes realizados no verão e no inverno. Foram realizados dois experimentos em sistema de cultivo fora do solo, em ambiente protegido, sendo o primeiro com transplante realizado no verão e o segundo com transplante realizado no inverno. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, sendo eles os intervalos entre colheitas sucessivas de 30, 45, 60, 72 e 90 dias a partir do transplante, com quatro repetições. Foram realizadas 12, 8, 6, 5 e 4 colheitas nos intervalos de 30, 45, 60, 72 e 90 dias após o transplante, respectivamente. Em cada colheita, foram determinadas as massas de matéria fresca e seca de folhas, de ramos e parte aérea (em g planta⁻¹). Aos 12 meses após o transplante, as massas de cada colheita, em cada uma das plantas (repetições) foram somadas para obtenção da produção acumulada. Esses valores acumulados foram utilizados nas análises estatísticas para comparação da produção média por intervalo de colheita. A taxa de incremento diário foi determinada relacionando os dados de produção acumulada das colheitas (y) *versus* os dias após o transplante (x) ao longo dos 12 meses, obtendo uma equação linear $y = bx + a$ para cada intervalo, em que b é a inclinação da reta, equivalente à taxa de incremento diário, o qual representa o valor médio de acréscimo de massa por dia. Esses valores foram utilizados na análise de variâncias e teste de comparação de médias, a fim de comparar a taxa de incremento diário (b) entre os intervalos. A massa de matéria fresca de folhas de menta e taxa de incremento diário desse caractere foram similares entre os intervalos de colheita no transplante realizado no verão. A massa de matéria seca de folhas foi superior nos intervalos de 72 (90,80 g planta⁻¹) e 90 dias (90,24 g planta⁻¹). No transplante realizado no inverno os valores de massa de matéria fresca e seca de folhas foram superiores nos intervalos de 60 (660,54 g planta⁻¹, 107,14 g planta⁻¹) e 90 dias (630,40 g planta⁻¹, 105,95 g planta⁻¹). O mesmo foi verificado para as taxas de incremento diário para esses caracteres. As colheitas de menta em intervalos de 60 dias, em transplantes de inverno, são mais apropriadas para a produção de fitomassa. Em transplante de verão pode-se optar pelo intervalo de 45 dias.

Palavras-chave: *Mentha x piperita* L. Cultivo protegido. Taxa de incremento diário.

ABSTRACT

Peppermint (*Mentha x piperita* L.) is a spice, medicinal and aromatic species of interest of pharmaceutical and cosmetic industries. The harvest interval influences the biomass production of plants of this group. The aim of this study was to determine the appropriate harvest interval for phytomass production of peppermint in summer and winter transplants. Two experiments were performed in a soilless cultivation system, in a protected environment, the first with transplantation performed in summer and the second with transplantation

performed in winter. It was used a completely randomized design with five treatments, being the intervals between successive harvests of 30, 45, 60, 72 and 90 days after transplantation, with four replications. It was performed 12, 8, 6, 5 and 4 harvests at intervals of 30, 45, 60, 72 and 90 day after transplantation, respectively. For each harvest, the fresh and dry masses of leaves, branches and shoots (in g plant⁻¹) were determined. At 12 months after transplantation, the masses of each harvest in each of the plants (repetitions) were added to obtain the accumulated production. These accumulated values were used in the statistical analyzes to compare the average yield per harvest interval. The daily increment rate was determined by relating the cumulative yield data of the crops (y) *versus* the days after transplantation (x) over the 12 months, obtaining a linear equation $y = bx + a$ for each interval, where b is the slope of the line, equivalent to the daily increment rate, which represents the average value of mass increase per day. These values were used in the variance analysis and mean comparison test to compare the daily increment rate (b) between the intervals. The fresh matter mass of peppermint leaves and the daily increment rate of this character were similar between harvesting intervals in summer transplantation. Leaf dry matter mass was higher at 72 (90.80 g plant⁻¹) and 90 days (90.24 g plant⁻¹) intervals. In the winter transplantation the fresh and dry leaf mass values were higher at the intervals of 60 (660.54 g plant⁻¹, 107.14 g plant⁻¹) and 90 days (630.40 g plant⁻¹, 105,95 g plant⁻¹). The same was true for the daily increment rates for these characters. Peppermint harvest at 60-day intervals, in winter transplant, is most appropriate for the phytomass production. In summer transplant, the 45-day interval can be chosen.

Key words: *Mentha x piperita* L. Protected cultivation. Daily incremente rate.

INTRODUÇÃO

O consumo de plantas condimentares, medicinais e aromáticas pela população brasileira é crescente, seja para fins culinários, fitoterápico ou farmacêutico (TRENTO FILHO; MENON; CORRÊA JÚNIOR, 2011). Entre as espécies mais importantes tem-se a menta (*M. x piperita* L.), uma espécie utilizada na forma *in natura* para preparação de alimentos, além da utilização pelas indústrias farmacêutica, cosmética e na medicina popular (CLEMENTE; HABER, 2013). Essa espécie possui diversas propriedades medicinais, devido à presença de componentes nos óleos essenciais, como o carvacrol, mentol, carvona, acetato de mentila, limoneno e mentona (ALI et al., 2015). Além disso, possui ação inseticida, com potencial de uso no combate ao mosquito vetor da dengue, o *Aedes aegypti* L. (KUMAR; WAHAB, WARIKOO; 2011; LIMA; CARDOSO, 2013).

O intervalo de colheita é um fator de influência na produção de fitomassa de plantas condimentares, medicinais e aromáticas. Blank et al. (2005) verificaram maior altura e peso seco de plantas de melissa (*Melissa officinalis* L.) em intervalo de colheita mais longo. Segundo May et al. (2010a), a colheita de plantas medicinais em intervalos mais curtos proporciona menor período de recuperação da planta, o que pode reduzir a sua produtividade.

Os autores também verificaram maior acúmulo de massa seca de parte aérea de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em maiores intervalos de colheita. Resultado oposto foi constatado por Blank et al. (2012) em plantas de gerânio (*Pelargonium graveolens*), em que o intervalo mais curto proporcionou os valores mais elevados de massa fresca e seca de folhas e caules. Já para duas espécies de capim-limão, May et al. (2008) observaram resultados distintos em relação ao acúmulo de massa de matéria seca de parte aérea em diferentes intervalos de colheita, com valores superiores no intervalo mais curto para a espécie *Cymbopogon citratus* e no intervalo mais longo para a espécie *C. flexuosus*. Assim, é importante estudar as respostas de cada espécie para determinado tipo de manejo, a fim de ampliar o conhecimento e facilitar a programação do cultivo, visando maiores produtividades.

A época de plantio também possui influência na produção de fitomassa de plantas. A influência da data de plantio de *M. arvensis* L. foi verificado por Desai et al. (2018), nas datas de 1º de outubro, 1º de novembro e 1º de dezembro, correspondente ao outono na região. O plantio em 1º de novembro é mais favorável para obtenção de maior fitomassa de *M. arvensis* L. Sharma et al. (2012) também verificaram a influência da data de transplante no crescimento e produção de óleo essencial de *M. arvensis* L., em transplantes realizados em 15 de março, 30 de março e 15 de abril, primavera na região. A primeira época de transplante proporcionou maior produção de massa fresca de planta, devido as condições mais favoráveis. Em estudo realizado por Akhtar et al. (2009), com *M. piperita*, em três estações em Bangladesh, no inverno, verão e estação das monções (estação chuvosa), foi verificada maior produção total de folhas ($t\ ha^{-1}$) na estação monção, em relação ao inverno e verão.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi determinar o intervalo de colheita apropriado para produção de fitomassa de menta em transplantes realizados no verão e no inverno.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos com menta foram conduzidos em sistema de cultivo fora do solo, em ambiente protegido do tipo abrigo de 115 m² (5×23 m), coberto com polietileno aditivado anti-UV de 150 µm de espessura, localizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O primeiro experimento foi instalado em 28 de dezembro de 2017 (transplante no verão) e conduzido até 23 de dezembro de 2018 (12 meses) e o segundo instalado em 28 de junho de 2018 (transplante no inverno) e conduzido até 23 de junho de 2019 (12 meses).

Durante o período de cultivo, a temperatura do ar no interior do abrigo foi registrada por um *data logger* digital (resolução 0,1°C e exatidão 0,5°C), instalado em um abrigo meteorológico. A radiação solar foi registrada na estação meteorológica automática, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 300 m do ambiente de cultivo.

As mudas de menta (*M. x piperita* L.) utilizadas nos experimentos 1 (transplante no verão) e 2 (transplante no inverno) foram produzidas no mesmo local do experimento, utilizando plantas matrizes cultivadas em estufa, em cultivo fora do solo. Para isso, foram utilizadas estacas de quatro centímetros das ponteiros dos ramos das plantas, deixando-se duas folhas expandidas na extremidade, as quais foram colocadas em bandejas de isopor contendo substrato comercial. As bandejas com as mudas produzidas foram colocadas sobre uma bancada, dentro da estufa, com irrigação do tipo aspersão, onde permaneceram até a formação do sistema radicular. No experimento 1, realizado no verão, o transplante das mudas foi realizado após 30 dias, quando as mudas apresentavam sistema radicular bem formado. Já as mudas produzidas no inverno (experimento 2), o transplante foi realizado após 45 dias, quando o sistema radicular estava bem formado.

Nos dois experimentos, as mudas foram transplantadas para vasos de polietileno de 3 dm³, de cor branca, preenchidos com substrato comercial *MecPlant* (composto de casca de Pinus, vermiculita, corretivo de acidez e macronutrientes), no dia 28 de dezembro de 2017 (experimento 1) e no dia 28 de junho de 2018 (experimento 2). Os vasos foram dispostos sobre bancadas de 1,10 m de largura e 4 m de comprimento e altura de 80 cm do piso de concreto. Foram utilizadas duas bancadas em cada experimento. Em cada bancada foram acondicionados 44 vasos, resultando em 88 vasos e, conseqüentemente, 88 plantas em cada experimento. A fim de padronizar os experimentos e permitir as mesmas condições de crescimento às plantas, entre os tratamentos foram utilizadas plantas como bordadura, as quais foram podadas a cada 30 dias. Nas parcelas dos tratamentos, as plantas centrais foram utilizadas como repetições e as laterais foram colhidas nas mesmas datas dos intervalos, porém descartadas, sendo utilizadas como bordaduras dos tratamentos (APÊNDICES I e J). Dessa forma, foram utilizadas nas avaliações 20 plantas por experimento, sendo as demais consideradas bordaduras do experimento e dos tratamentos.

As irrigações e fertirrigações foram realizadas por gotejamento por meio de fitas gotejadoras, posicionadas na parte superior dos vasos, com um gotejador por planta. A solução nutritiva foi preparada e armazenada em caixas de polipropileno de 500 L e fornecida às plantas por meio de uma motobomba controlada por um programador horário. Foi utilizada

solução nutritiva com a seguinte composição: 8,69 de NO_3^- ; 1,86 de NH_4^+ ; 4 de H_2PO_4^- ; 6 de K^+ ; 4 de Ca^{2+} ; 2 de Mg^{2+} e 2 de SO_4^- (em mmol L^{-1}). Os micronutrientes foram fornecidos nas concentrações de (em mg L^{-1}) 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu; 0,50 de Mn; 0,22 de Zn e 1,0 de Fe na forma quelatizada. Os macronutrientes foram fornecidos por meio de fertilizantes nitrato de potássio, fosfato de amônio monobásico, nitrato de cálcio-Calcanit e sulfato de magnésio. A condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva foi monitorada semanalmente e corrigida com adição de alíquotas de nova solução sempre que necessário, mantendo o valor em torno de $1,84 \text{ dS m}^{-1}$.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, sendo eles os intervalos entre colheitas sucessivas de 30, 45, 60, 72 e 90 dias, a partir da data do transplante, com quatro repetições, onde cada repetição equivale a uma planta. As colheitas foram realizadas a uma altura de 7 cm da base da planta, a fim de permitir o rebrote dos ramos. Foram determinadas as massas de matéria fresca de folhas, de ramos e parte aérea (folhas + ramos) em g planta^{-1} e as massas de matéria seca de folhas, de ramos e parte aérea (folhas + ramos), g planta^{-1} , obtidas após secagem das amostras em estufa de ventilação forçada a 65°C , por sete dias.

Após o período de 12 meses foi realizada a última colheita de todos os intervalos entre colheitas. No experimento 1 a última colheita foi no dia 23 de dezembro de 2018 e no experimento 2 no dia 23 de junho de 2019. Ao final dos experimentos foram obtidas 12 colheitas do intervalo de 30 dias, oito colheitas do intervalo de 45 dias, seis colheitas do intervalo de 60 dias, cinco colheitas do intervalo de 72 dias e quatro colheitas do intervalo de 90 dias. As massas de cada colheita, em cada uma das plantas (repetições) foram somadas para obtenção da produção acumulada. Esses valores acumulados foram utilizados nas análises estatísticas para comparação da produção por intervalo de colheita. Cada colheita foi realizada em uma data após o transplante. Por exemplo, para o intervalo entre colheitas de 30 dias, tem-se um valor de produção de massas fresca e seca de folhas, ramos e parte aérea das plantas a cada 30 dias após o transplante, iniciando nos 30 dias após o transplante (primeira colheita), seguindo para 60 dias após o transplante (segunda colheita) e assim sucessivamente até os 360 dias após o transplante (décima segunda colheita).

Para cada planta (repetição) de cada intervalo de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias), em cada um dos transplantes (verão e inverno), foi determinada a taxa de incremento diário das plantas. Essa taxa foi obtida relacionando os dados de produção acumulada das colheitas (y) *versus* os dias após o transplante (x) ao longo dos 12 meses, obtendo, assim, uma equação linear $y = bx + a$ para cada intervalo, em que y é a massa, x é o número de dias após o

transplante e b é a inclinação da reta, equivalente à taxa de incremento diário, o qual representa o valor médio de acréscimo de massa por dia e a é o valor do intercepto. Dessa forma, foi obtido um valor de b (taxa de incremento diário) para cada planta (repetição) de cada intervalo. Esses valores foram utilizados na análise de variâncias e teste de comparação de médias, a fim de comparar a taxa de incremento diário (b) entre os intervalos.

Foi verificada a normalidade dos erros de cada variável avaliada (massas de matéria fresca e seca de folhas, ramos e parte aérea e taxa de incremento diário) pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett. Foi realizada a análise de variância, seguida do teste de Scott-Knott para comparação das médias. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos softwares Action (ESTATCAMP, 2014) e Sisvar 5.7 (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa de matéria fresca acumulada de folhas de menta no transplante realizado no verão, no final do período de doze meses de cultivo, não apresentou diferença significativa entre os intervalos de colheita, com valores oscilando de 438,49 a 547,76 g planta⁻¹ (Tabela 4-1). Já as massas de matéria fresca de ramos e parte aérea mostraram diferenças significativas entre os intervalos avaliados. A massa de matéria fresca acumulada de ramos foi mais elevada nos intervalos de 60 dias (1053,33 g planta⁻¹), 72 dias (1190,86 g planta⁻¹) e 90 dias (1338,82 g planta⁻¹). O intervalo de 30 dias teve a menor produção acumulada de ramos, com 503,48 g planta⁻¹ e o intervalo de 45 dias teve produção acumulada de 808,22 g planta⁻¹. A massa de matéria fresca acumulada da parte aérea da planta foi semelhante à de ramos, em que os valores mais elevados foram verificados nos intervalos de 60 (1542,04 g planta⁻¹), 72 (1738,62 g planta⁻¹) e 90 dias (1875,18 g planta⁻¹). A produção foi inferior no intervalo de 30 dias, com 941,98 g planta⁻¹ e no intervalo de 45 dias foi obtido o segundo menor valor, com 1329,50 g planta⁻¹.

A massa de matéria seca acumulada de folhas, ramos e parte aérea apresentou diferenças significativas entre os intervalos de colheita avaliados (Tabela 4-1). A massa de matéria fresca acumulada de folhas foi superior nos intervalos de 72 (90,80 g planta⁻¹) e 90 dias (90,24 g planta⁻¹). O intervalo de 30 dias teve o menor valor de massa seca acumulada de folhas, com apenas 50,89 g planta⁻¹. Os intervalos de 45 e 60 dias tiveram produção acumulada intermediária (69,73 e 75,09 g planta⁻¹, respectivamente). A massa de matéria seca acumulada de ramos demonstrou acréscimo conforme aumentava-se o intervalo de colheita,

com produção mais elevada no intervalo de 90 dias (188,39 g planta⁻¹) e menos elevada no intervalo de 30 dias (36,36 g planta⁻¹). Já a massa de matéria seca acumulada da parte aérea da planta foi semelhante à de folhas, em que os valores mais elevados foram verificados nos intervalos de 72 (245,08 g planta⁻¹) e 90 dias (278,64 g planta⁻¹). Conforme diminuiu-se o intervalo de colheita, menores foram os valores de produção observados.

Tabela 4-1 – Massa de matéria fresca e seca acumulada (g planta⁻¹) de folhas, ramos e parte aérea de *Mentha x piperita* L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no verão.

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria fresca acumulada (g planta ⁻¹)		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	438,49 a	503,48 c	941,98 c
45	521,28 a	808,22 b	1329,50 b
60	488,71 a	1053,33 a	1542,04 a
72	547,76 a	1190,86 a	1738,62 a
90	536,36 a	1338,82 a	1875,18 a
CV%	16,08	18,85	16,65
Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria seca acumulada (g planta ⁻¹)		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	50,89 c	36,36 e	87,25 d
45	69,73 b	76,17 d	145,91 c
60	75,09 b	122,88 c	197,97 b
72	90,80 a	154,27 b	245,08 a
90	90,24 a	188,39 a	278,64 a
CV%	16,00	15,00	14,00

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para o transplante realizado no inverno, a massa de matéria fresca acumulada de folhas, ramos e parte aérea de menta, no final do período de doze meses de cultivo apresentou diferença significativa entre os intervalos de colheita (Tabela 4-2). Os intervalos que proporcionaram maior produção acumulada de folhas foram 60 (660,54 g planta⁻¹) e 90 dias (630,40 g planta⁻¹). Nos intervalos de 45 e 72 dias foram obtidos valores intermediários (517,28 e 528,59 g planta⁻¹, respectivamente), enquanto que no intervalo de 30 dias a

produção foi inferior às demais (281,94 g planta⁻¹). A massa de matéria fresca de ramos foi superior nos intervalos de 60, 72 e 90 dias (1478,63, 1265,60 e 1438,11 g planta⁻¹, respectivamente), com valor intermediário no intervalo de 45 dias (929,30 g planta⁻¹) e inferior no intervalo de 30 dias (355,49 g planta⁻¹). Para massa de matéria fresca de parte aérea a maior produção foi nos intervalos de 60 (2139,17 g planta⁻¹) e 90 dias (2068,52 g planta⁻¹), com valor inferior no intervalo de 30 dias (637,43 g planta⁻¹).

A massa de matéria seca acumulada de folhas, ramos e parte aérea de menta, no transplante realizado no inverno, apresentou diferença significativa entre os intervalos de colheita (Tabela 4-2). Os intervalos que proporcionaram maior massa de matéria seca acumulada de folhas foram 60 (107,14 g planta⁻¹), 72 (92,18 g planta⁻¹) e 90 dias (105,95 g planta⁻¹). No intervalo de 45 dias foi obtido valor intermediário (74,80 g planta⁻¹), enquanto que no intervalo de 30 dias a produção foi inferior às demais (30,03 g planta⁻¹). A massa de matéria seca de ramos foi superior no intervalo de 90 dias (233,16 g planta⁻¹), com valor inferior no intervalo de 30 dias (25,55 g planta⁻¹). O mesmo foi verificado para massa de matéria seca de parte aérea, com maior produção no intervalo de 90 dias (339,11 g planta⁻¹) e inferior no intervalo de 30 dias (52,58 g planta⁻¹).

Os intervalos de colheita mais longos demonstraram melhores resultados, sendo mais adequados para produção de menta, principalmente no transplante realizado no inverno, onde foram verificadas as maiores produtividades. Esse resultado pode ser devido ao maior período de rebrota nos intervalos mais longos, permitindo que a planta tenha mais tempo para produção e acúmulo de assimilados, sem exaurir as reservas metabólicas e perder vigor (MARCO et al., 2006). A colheita em intervalos mais curtos proporciona um menor período de recuperação das plantas, visto que são realizadas mais colheitas e com maior frequência, diminuindo sua produtividade (MAY et al., 2010a).

Avaliando plantas de artemísia (*Artemisia annua*) em múltiplas colheitas, Kumar et al. (2004) verificaram que os rendimentos médios de folhas são superiores quando se realizam 3 ou mais colheitas sucessivas em comparação a quando são realizadas uma ou duas colheitas apenas. Segundo os autores, as colheitas intermitentes levam a regeneração da cultura, com produção de novos ramos e folhas, permitindo a permanência de folhas jovens na planta e evitando perdas decorrentes do processo de senescência.

Tabela 4-2 – Massa de matéria fresca e seca acumulada (g planta⁻¹) de folhas, ramos e parte aérea de *Mentha x piperita* L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no inverno.

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria fresca acumulada (g planta ⁻¹)		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	281,94 c	355,49 c	637,43 d
45	517,28 b	929,30 b	1446,58 c
60	660,54 a	1478,63 a	2139,17 a
72	528,59 b	1265,60 a	1794,20 b
90	630,40 a	1438,11 a	2068,52 a
CV%	9,25	11,69	10,31

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria seca acumulada (g planta ⁻¹)		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	30,03 c	22,55 d	52,58 d
45	74,80 b	96,20 c	171,00 c
60	107,14 a	182,04 b	289,19 b
72	92,18 a	186,69 b	278,88 b
90	105,95 a	233,16 a	339,11 a
CV%	13,42	18,89	15,89

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Tendo em vista que não houve diferença significativa na massa de matéria fresca e seca de folhas entre os intervalos de 60 e 90 dias, no transplante no inverno, recomenda-se utilizar o intervalo de 60 dias, pois as plantas encontram-se mais jovens, de melhor aspecto visual (APÊNDICE O), pois aos 90 dias as plantas encontram-se em processo de senescência (APÊNDICE P), visto que o ciclo natural da menta é de cerca de 90 dias (PEREIRA; SANTOS, 2013). Essa perda de qualidade visual das plantas em maiores intervalos de colheita também foi verificada por Chagas et al. (2011) em plantas de *M. arvensis* L. Além disso, em menores intervalos, a massa de plantas no momento da colheita é menor, o que facilita o manejo e reduz os custos operacionais (MAY et al., 2010a). Assim, para o transplante de verão, pode-se utilizar o intervalo de 45 dias, que proporciona boa produção fresca acumulada de folhas, mantendo boa qualidade do material ao longo do ciclo (APÊNDICE N).

Em estudo realizado com *M. x piperita* L., Kassahun, Silva e Mekonnen (2011) verificaram a influência da idade da planta no momento da colheita sobre a produção de biomassa. As idades avaliadas foram 60, 90, 120, 150 e 180 dias. Na primeira colheita os autores verificaram maior produção de massa fresca de folhas aos 120 dias, em que as plantas tiveram acréscimo e posterior decréscimo ao longo dos dias. Já na segunda colheita realizada, foi verificada maior massa fresca de folhas aos 180 dias, ou seja, na maior idade. Os autores assumem que esses resultados estejam relacionados aos estádios fenológicos das plantas. Assim como no presente trabalho, as menores idades proporcionaram menor produção, no entanto, no estudo de Kassahun, Silva e Mekonnen (2011) não foram avaliadas colheitas sucessivas das plantas.

Em estudos realizados com outras espécies de plantas condimentares, medicinais e aromáticas foram verificados resultados similares aos do presente estudo. Blank et al. (2005) avaliaram o efeito dos intervalos de colheita (56, 63, 70 e 77 dias após a primeira colheita) sobre a produção de massa de matéria fresca de folhas de melissa (*Melissa officinalis* L.) e verificaram melhores resultados no intervalo de colheita mais longo (11 semanas). Resultado semelhante ao observado no presente estudo, em que a maior produção foi verificada nos intervalos de 60 e 90 dias, no transplante realizado no inverno. Já May et al. (2008), estudando intervalos de colheita (40, 60, 80 e 100 dias), verificaram maior acúmulo de massa de matéria seca no intervalo mais longo para a espécie *Cymbopogon flexuosus* (capim-limão). No entanto, o oposto foi verificado para a espécie *C. citratus*, que obteve o maior acúmulo de massa no intervalo de 40 dias.

Para outras espécies do gênero *Mentha* foram verificados resultados distintos dos observados no presente estudo. Avaliando a produção de biomassa de *M. citrata* em função dos intervalos de colheita (40, 60 e 80 dias), May et al. (2010b) verificaram maior produção acumulada de biomassa no final do ciclo no menor intervalo entre colheitas. Já Chagas et al. (2011) avaliaram a idade da planta no momento da primeira colheita (80, 100 e 120 dias após o transplante) e a idade da planta na segunda colheita (60, 75 e 90 dias após a primeira colheita) de *M. arvensis* L. Os autores observaram maior acúmulo de massa de matéria seca de folhas 100 dias após o transplante, ou seja, no intervalo intermediário, e de 60 a 75 dias após a primeira colheita, intervalos mais curtos.

Comportamento distinto do observado no presente estudo foi verificado para outras espécies de plantas condimentares, medicinais e aromáticas. Estudando as épocas de colheita (84, 134 e 191 dias após o plantio) na produção de melissa (*M. officinallis* L.), Biasi et al. (2009) verificaram decréscimo na produção de biomassa na última colheita. Para a mesma

espécie, Meira, Manganotti e Martins (2011) realizaram colheitas aos 40, 55, 70 e 85 dias após o transplante e verificaram decréscimo da produção de massa seca de folhas conforme aumentava-se o intervalo de colheita. No entanto, ambos estudos avaliaram colheitas pontuais e não a produção acumulada em colheitas sucessivas, o que pode gerar um resultado distinto.

A taxa de incremento diário de massa de matéria fresca e seca de folhas, ramos e parte aérea de menta, no cultivo fora do solo, em doze meses de cultivo, apresentou diferenças significativas entre os intervalos de colheita avaliados (Tabela 4-3). Para a variável massa de matéria fresca de folhas não foram verificadas diferenças significativas entre as taxas de incremento diário, condizendo com o observado anteriormente com a produção acumulada. Para as variáveis massa fresca de ramos e de parte aérea as maiores taxas de incremento diário foram verificadas nos intervalos de 72 (3,0962 g planta⁻¹ dia e 4,5946 g planta⁻¹ dia, respectivamente) e 90 dias (3,5512 g planta⁻¹ dia e 4,9396 g planta⁻¹ dia, respectivamente).

Considerando a variável massa de matéria seca de folhas, as maiores taxas de incremento diário foram verificadas nos intervalos de 60 (0,1835 g planta⁻¹ dia), 72 (0,2253 g planta⁻¹ dia) e 90 dias (0,2073 g planta⁻¹ dia). Para a variável massa de matéria seca de ramos a maior taxa de incremento diário foi verificada no intervalo de 90 dias (0,4426 g planta⁻¹ dia). Já para a variável massa de matéria seca de parte aérea as maiores taxas de incremento diário foram observadas nos intervalos de 72 (0,5843 g planta⁻¹ dia) e 90 dias (0,6499 g planta⁻¹ dia) (Tabela 4-3).

Com exceção da massa de matéria fresca de folhas, para as demais variáveis, as menores taxas de incremento diário foram verificadas nos intervalos mais curtos. Isso ocorre devido ao maior número de colheitas realizadas e o menor intervalo entre elas, permitindo menor tempo de recuperação e rebrota das plantas, resultando em plantas mais fracas e menos produtivas (IBRAHIM et al., 2012).

A taxa de incremento diário de massa de matéria fresca e seca de folhas, ramos e parte aérea de menta, no transplante realizado no inverno, apresentou diferença significativa entre os intervalos de colheita avaliados (Tabela 4-4). Para as massas de matéria fresca e seca de folhas e fresca de parte aérea, as maiores taxas foram verificadas nos intervalos de 60 e 90 dias. Para a massa de matéria fresca de ramos foi superior nos intervalos de 60, 72 e 90 dias. As taxas de incremento diário de massa seca de ramos e de parte aérea foram superiores no intervalo de 90 dias.

Tabela 4-3 – Taxa de incremento diário (g planta^{-1}) de massa fresca e seca de folhas ramos e parte aérea *Mentha x piperita* L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no verão.

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria fresca		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	1,1046 a	1,1353 d	2,2399 d
45	1,2792 a	1,8511 c	3,1304 c
60	1,3010 a	2,4885 b	3,7894 b
72	1,4984 a	3,0962 a	4,5946 a
90	1,3884 a	3,5512 a	4,9396 a
CV%	12,84	18,37	15,30
Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria seca		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	0,1202 b	0,0779 e	0,1980 d
45	0,1507 b	0,1615 d	0,3122 c
60	0,1835 a	0,2727 c	0,4562 b
72	0,2253 a	0,3590 b	0,5843 a
90	0,2073 a	0,4426 a	0,6499 a
CV%	12,10	16,29	13,42

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4-4 – Taxa de incremento diário (g planta⁻¹) de massa fresca e seca de folhas ramos e parte aérea *Mentha x piperita* L. em cinco intervalos de colheita (30, 45, 60, 72 e 90 dias) com transplante realizado no inverno.

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria fresca acumulada (g planta ⁻¹)		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	0,9220 c	1,1922 c	2,1142 d
45	1,7908 b	3,2537 b	5,0445 c
60	2,3212 a	5,2749 a	7,5961 a
72	1,7905 b	4,4977 a	6,2882 b
90	2,1199 a	4,8967 a	7,0166 a
CV%	8,55	10,28	9,14

Intervalo de colheita (dias)	Massa de matéria seca acumulada (g planta ⁻¹)		
	Folhas	Ramos	Parte aérea
30	0,1005 d	0,0767 d	0,1771 d
45	0,2704 c	0,3536 c	0,6239 c
60	0,3830 a	0,6581 b	1,0411 b
72	0,3263 b	0,6857 b	1,0120 b
90	0,3813 a	0,8373 a	1,2186 a
CV%	12,52	16,98	14,33

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A produção de biomassa acumulada ao longo do período de cultivo e a taxa de incremento diário podem ser observadas graficamente. A massa de matéria fresca acumulada de folhas de menta nos dias após o transplante, para cada intervalo de colheita e suas respectivas equações lineares, permitem observar graficamente os mesmos resultados discutidos anteriormente (Figura 4-1). As retas obtidas das equações em cada intervalo de colheita são semelhantes, condizendo com as taxas de incremento diário obtidas, que não diferem estatisticamente entre si. Portanto, pode-se optar por intervalos mais curtos, como o de 45 dias, pois permite boa produtividade em todas as colheitas, sem prejuízo de qualidade do material. As taxas de incremento diário de massa de matéria fresca de ramos e parte aérea foram superiores nos intervalos de 72 e 90 dias (Figuras 4-2 e 4-3, respectivamente).

Figura 4-1 – Massa de matéria fresca de folhas (MMFF, g planta⁻¹) de *Mentha x piperita* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.

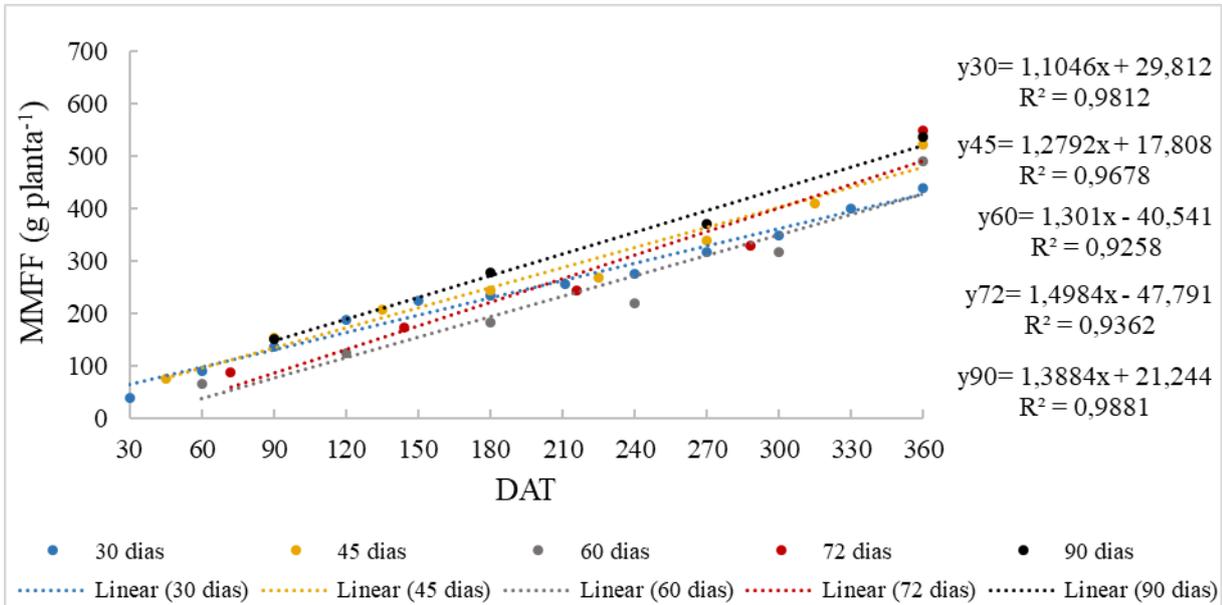


Figura 4-2 – Massa de matéria fresca de ramos (MMFR, g planta⁻¹) de *Mentha x piperita* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.

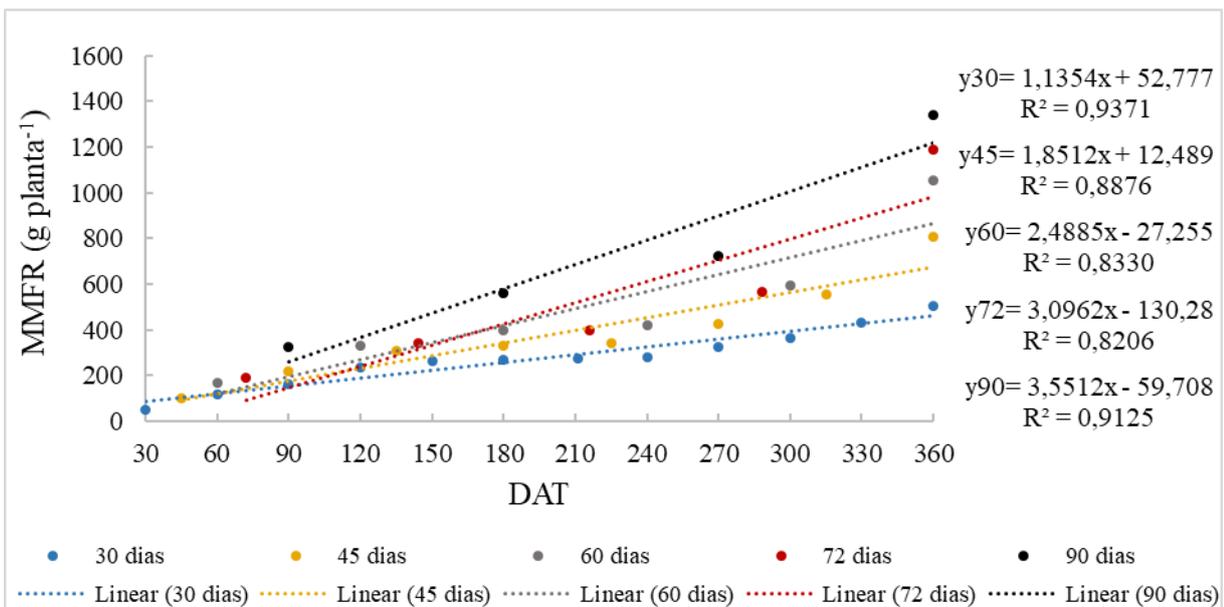
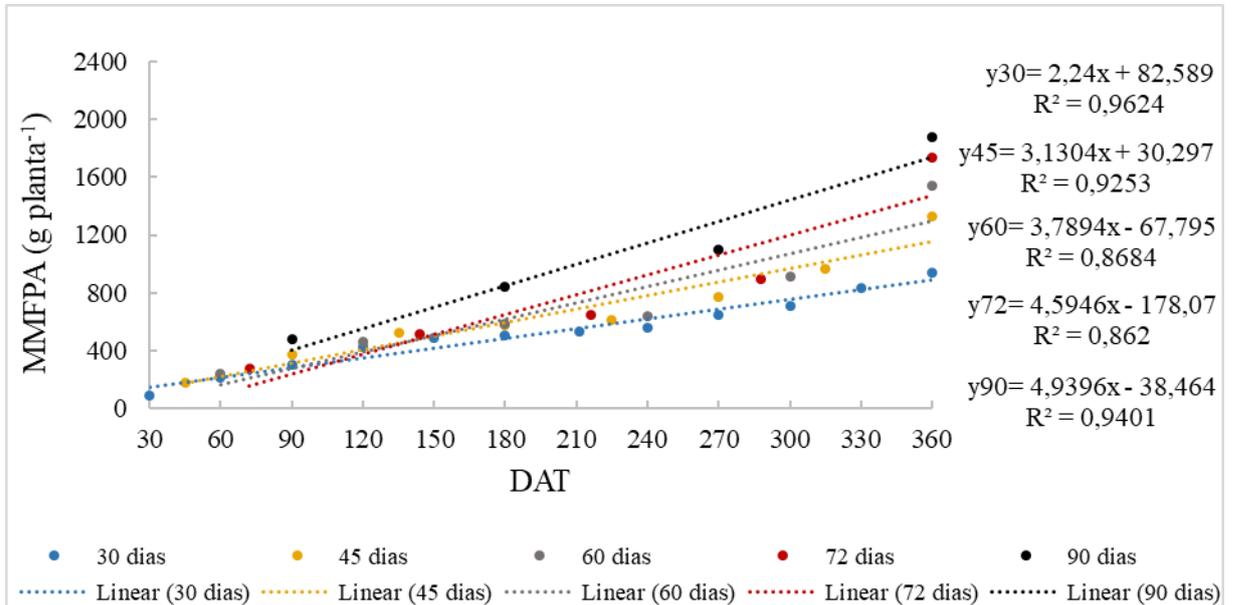


Figura 4-3 – Massa de matéria fresca de parte aérea (MMFPA, g planta⁻¹) de *Mentha x piperita* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.



A taxa de incremento diário de massa de matéria seca de folhas foi similar nos intervalos de 60, 72 e 90 dias, tendo as retas dos demais intervalos menores inclinação (Figura 4-4). A taxa de incremento diário de massa de matéria seca de ramos foi superior no intervalo de 90 dias, cujo comportamento da reta foi superior aos demais ao longo de todo o período (Figura 4-5). Para a taxa de incremento diário de massa de matéria seca de parte aérea foi superior nos intervalos de 72 e 90 dias (Figura 4-6).

Figura 4-4 – Massa de matéria seca de folhas (MMSF, g planta⁻¹) de *Mentha x piperita* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.

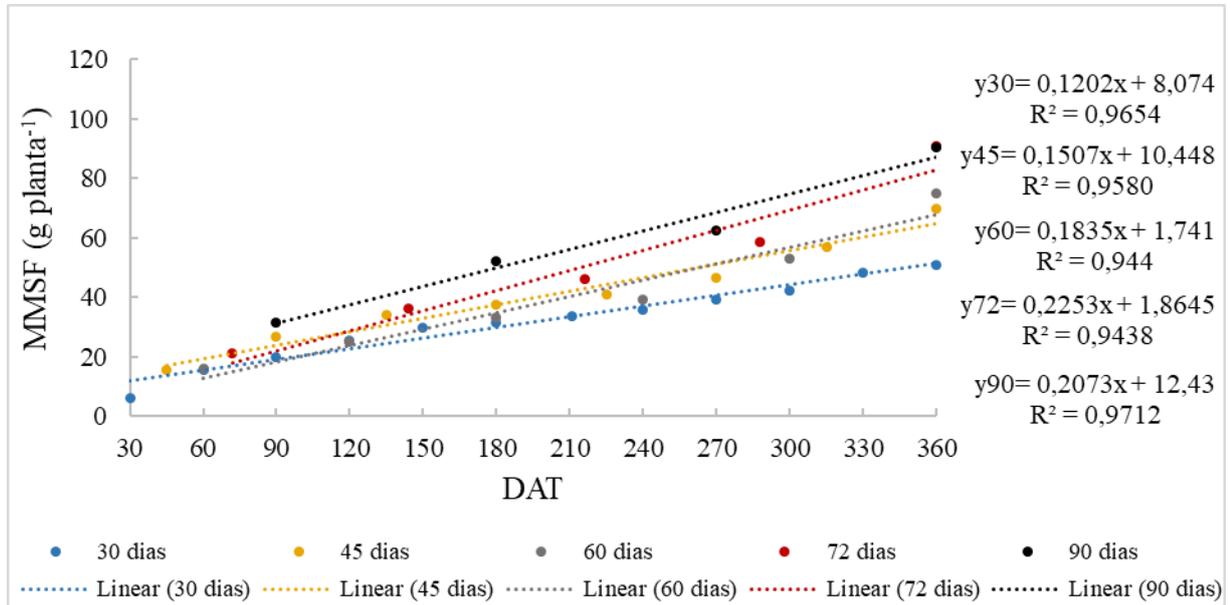


Figura 4-5 – Massa de matéria seca de ramos (MMSR, g planta⁻¹) de *Mentha x piperita* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.

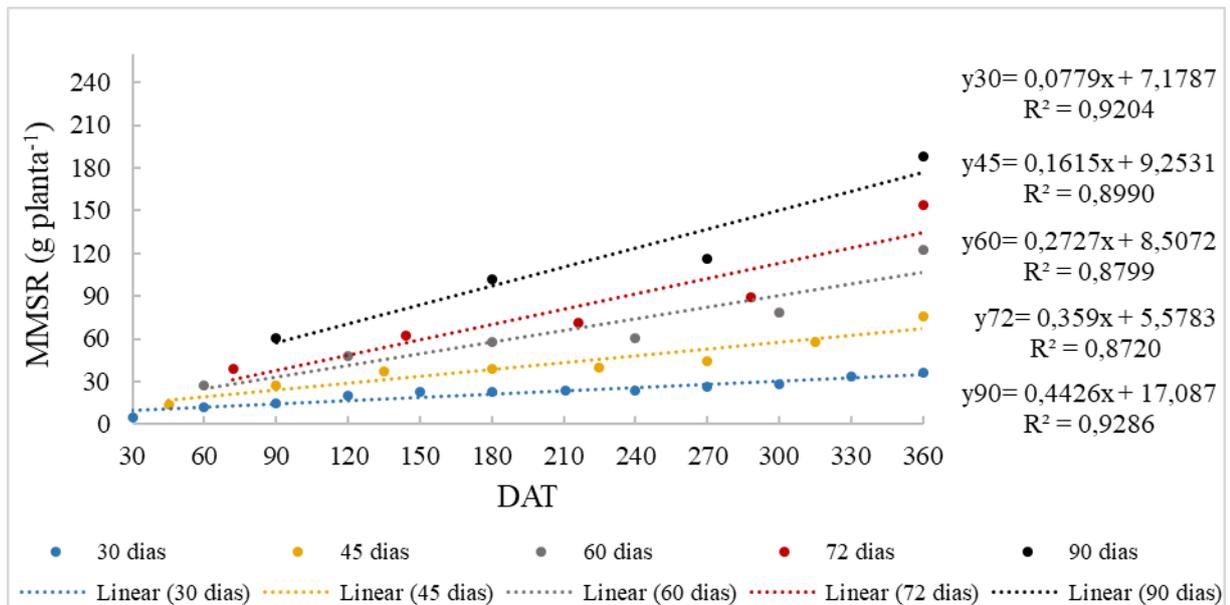
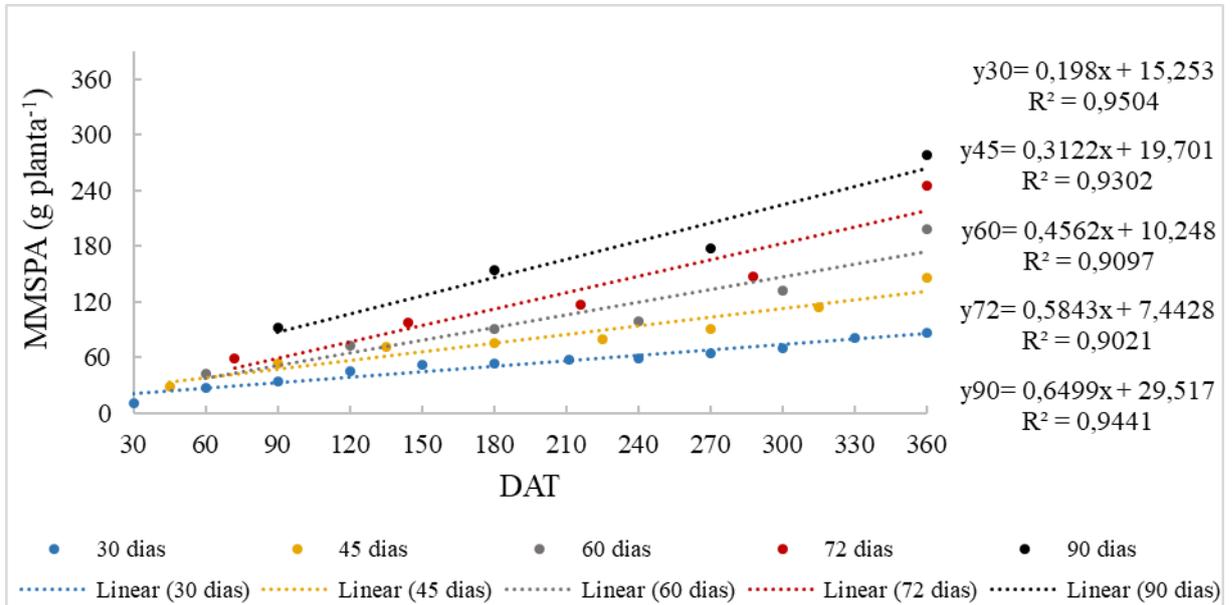


Figura 4-6 – Massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA, g planta⁻¹) de *Mentha x piperita* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no verão.



As equações lineares obtidas com os valores de massa de matéria fresca acumulada de folhas de menta nos dias após o transplante, realizado no inverno, para cada intervalo de colheita são distintas as obtidas no transplante realizado no verão (Figura 4-7). É possível verificar que a reta do intervalo de 30 dias é inferior às demais, demonstrando menor produção das plantas de menta nesse intervalo, ao longo do período de cultivo. Conforme já observado nos valores de taxa de incremento diário, as retas dos intervalos de 60 e 90 dias são superiores às demais. Esse comportamento manteve-se durante todo o período, sugerindo que os intervalos de colheita na menta não sofrem influência das condições climáticas, visto que o ciclo de cultivo passou por todas as estações.

As taxas de incremento diário de massa de matéria fresca de ramos foram superiores nos intervalos de 60, 72 e 90 dias, como pode-se observar na Figura 4-8, em que as retas desses intervalos são similares e destacam-se às demais. A variável massa de matéria fresca de parte aérea foi similar a massa de matéria fresca de folhas, em que os intervalos de 60 e 90 dias as taxas foram superiores ao longo do ciclo, conforme pode-se observar na Figura 4-9. A taxa de incremento diário de massa de matéria seca de folhas é superior nos intervalos de 60 e 90 dias, os quais possuem retas muito similares ao longo do período (Figura 4-10). Para as massas de matéria seca de ramos e de parte aérea as taxas de incremento diário foram

superiores no intervalo de 90 dias, cuja reta destaca-se das demais (Figuras 4-11 e 4-12, respectivamente).

Figura 4-7 – Massa de matéria fresca de folhas (MMFF, g planta⁻¹) de *Mentha x piperita* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.

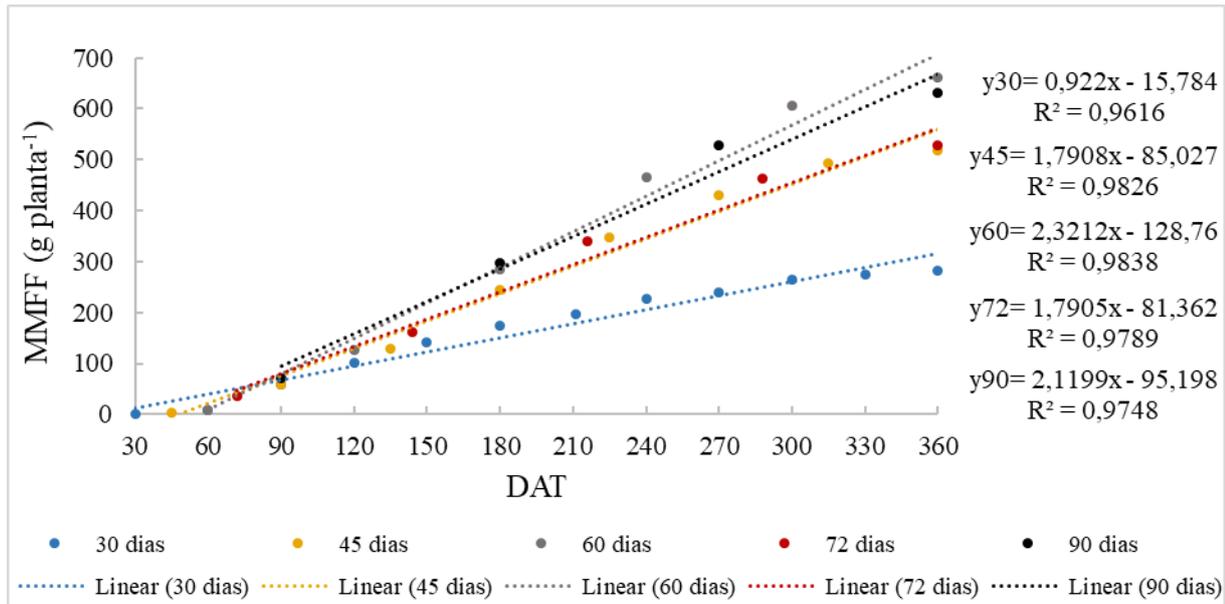


Figura 4-8 – Massa de matéria fresca de ramos (MMFR, g planta⁻¹) de *Mentha x piperita* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.

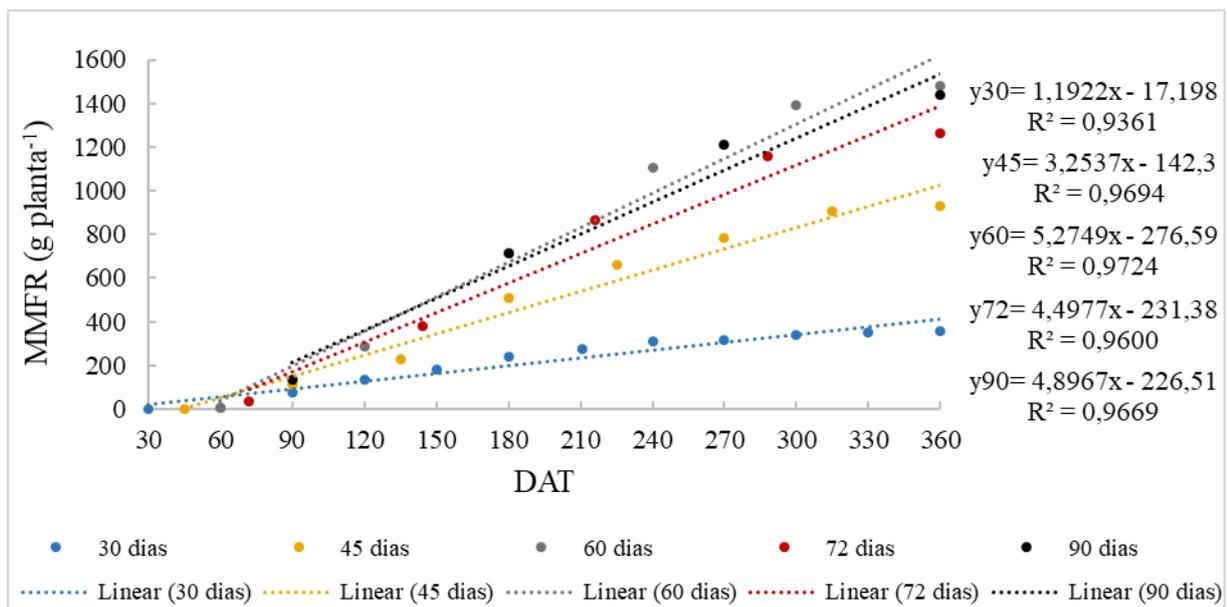


Figura 4-9 – Massa de matéria fresca de parte aérea (MMFPA, g planta⁻¹) de *Mentha x piperita* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.

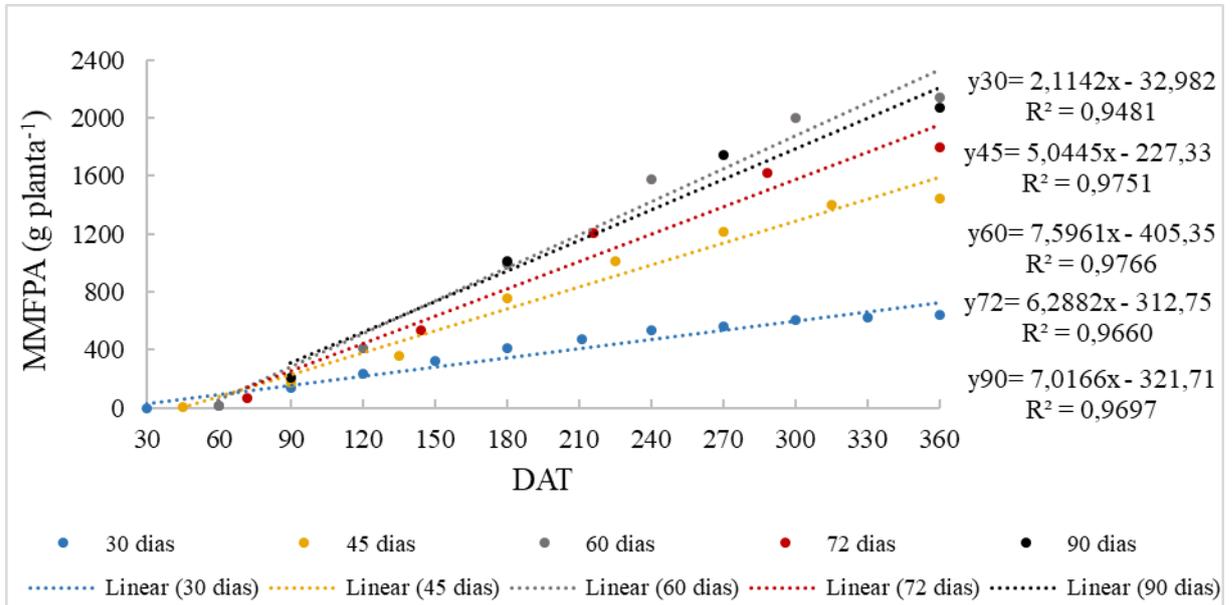


Figura 4-10 – Massa de matéria seca de folhas (MMSF, g planta⁻¹) de *Mentha x piperita* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.

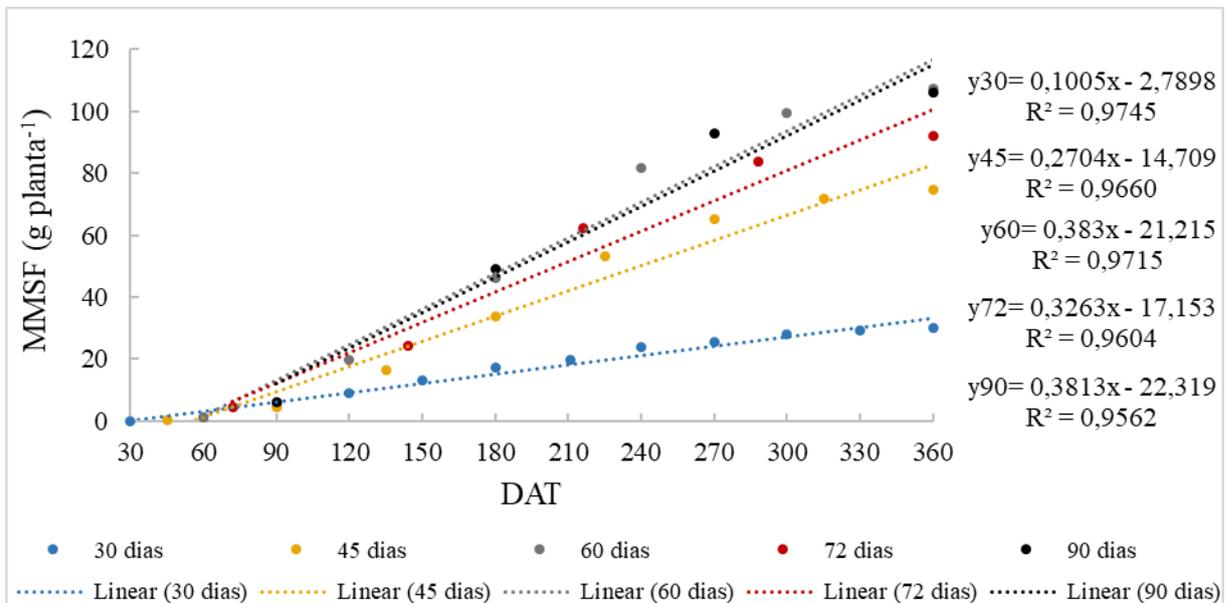


Figura 4-11 – Massa de matéria seca de ramos (MMSR, g planta⁻¹) de *Mentha x piperita* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.

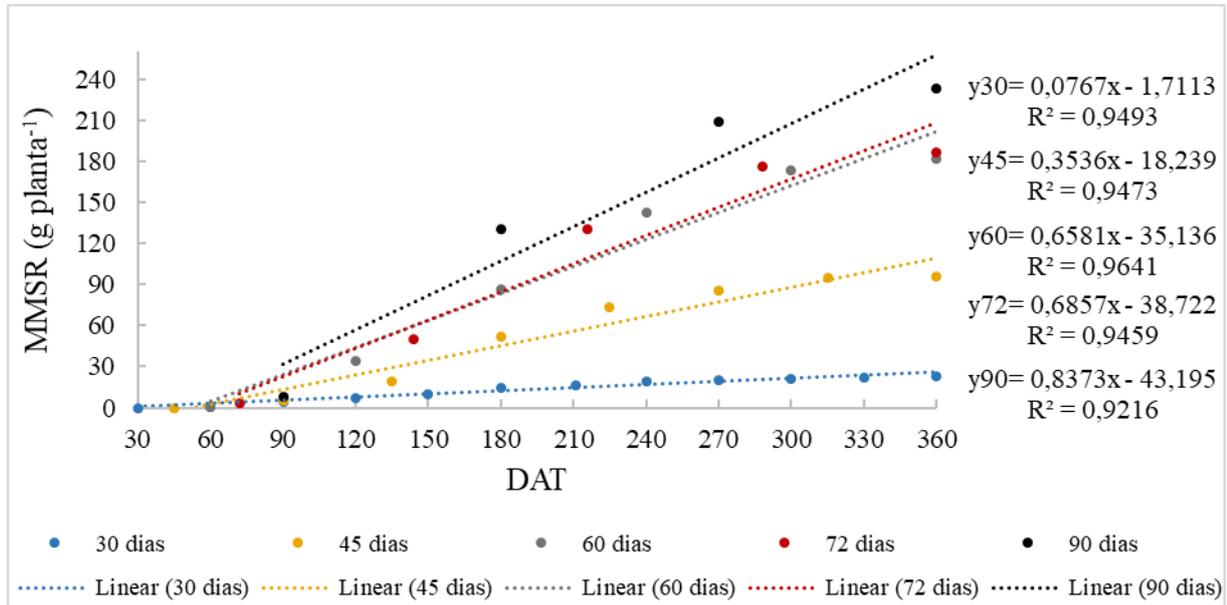
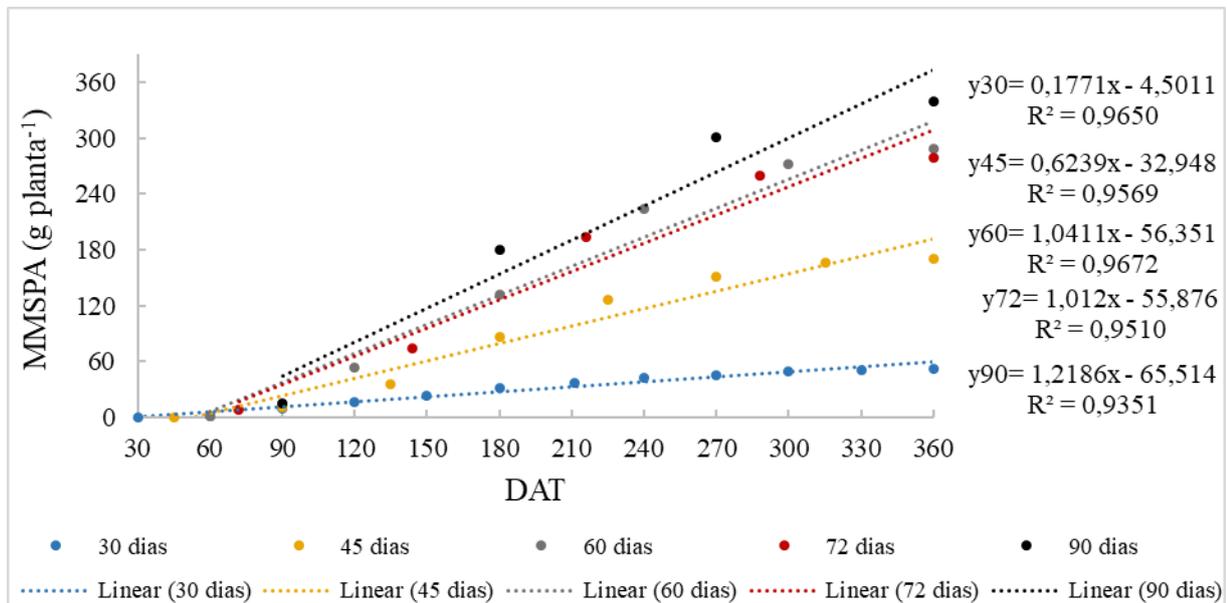


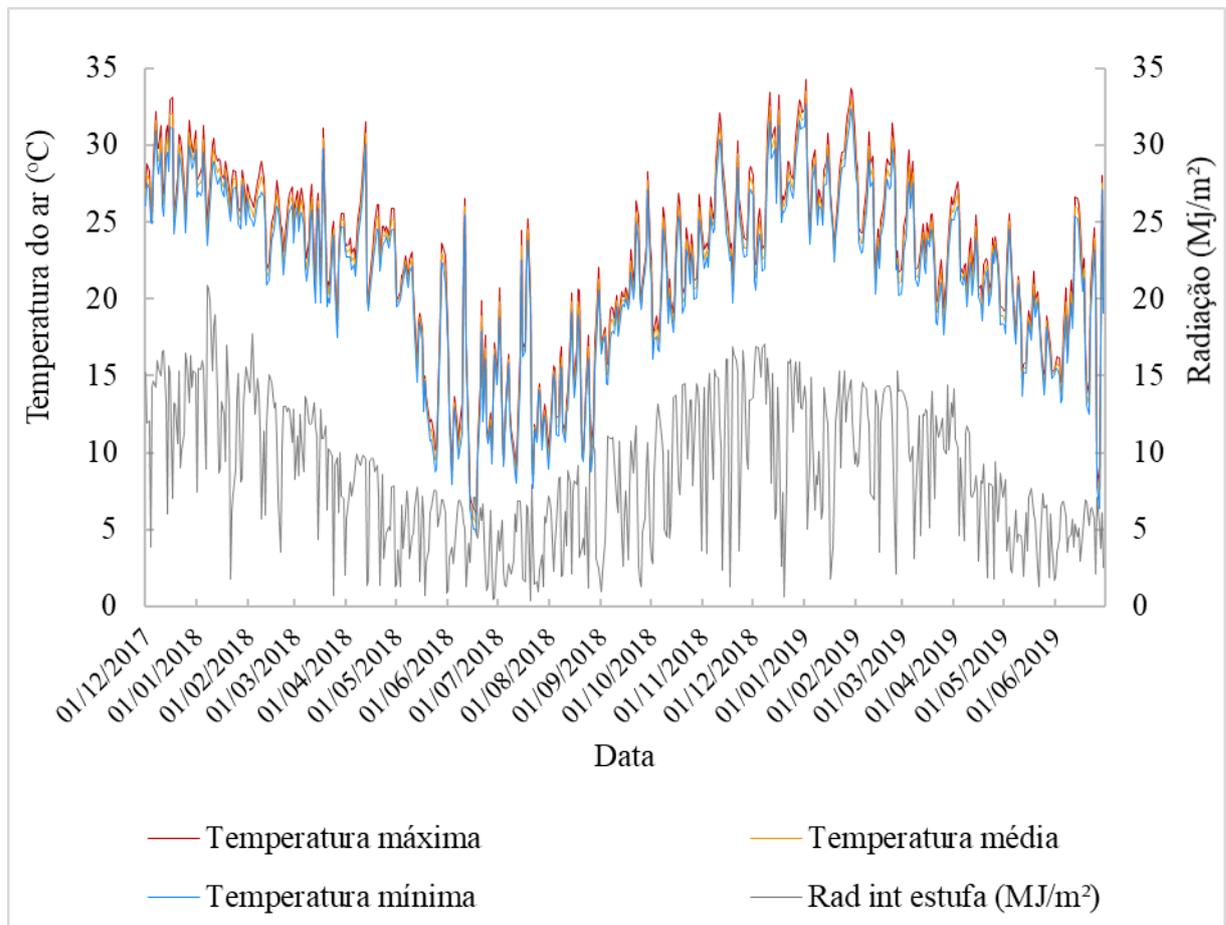
Figura 4-12 – Massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA, g planta⁻¹) de *Mentha x piperita* L. nos dias após o transplante (DAT) nos intervalos de colheita de 30, 45, 60, 72 e 90 dias e suas respectivas equações lineares, no transplante realizado no inverno.



Os resultados desse estudo demonstram que as plantas colhidas em intervalos de 30 dias são mais produtivas quando transplantadas no verão. Isso ocorre devido às condições climáticas mais favoráveis, como temperatura e radiação mais elevadas, para o

estabelecimento inicial da cultura, permitindo crescimento inicial mais rápido (Figura 4-13). A temperatura ótima da menta é cerca de 25 °C, sendo tolerante a grande variação de temperatura (PEREIRA; SANTOS, 2013). Como não foram observadas diferenças significativas de massa de matéria fresca acumulada de folhas entre os intervalos, nessa época de transplante, pode-se concluir que plantas de menta com melhor estabelecimento inicial possuem maiores reservas e maior capacidade de suportar colheitas sucessivas, sem prejuízo de produtividade. Esse resultado é corroborado por estudo realizado com *M. arvensis* L., na Índia, em que Brar et al. (2014), verificaram o efeito de datas de plantio (1 ° de janeiro, 15 de janeiro, 1 ° de fevereiro e 15 de fevereiro) sobre o crescimento e produção da menta. Os autores verificaram que atrasos na data de plantio, para períodos de maior temperatura do solo, diminuem o tempo para emergência e resultam em maior produção de massa seca de menta.

Figura 4-13 – Temperatura média do ar (°C) e radiação solar (Mj/m²) no interior da estufa, no período de dezembro de 2017 a junho de 2019.



Plantas colhidas nos demais intervalos de colheita tiveram maior produção acumulada quando transplantadas no inverno, o que demonstra boa adaptação das plantas, mesmo em período de condições climáticas menos favoráveis. A menor produtividade inicial das plantas nessa época de transplante foi superada ao longo do ciclo, resultando em maior produtividade acumulada no final do período, o que ocorre devido ao maior tempo de recuperação e adaptação antes da próxima colheita, permitindo seu crescimento e produção (MAY et al., 2010a).

Em estudos realizados com espécies de menta foram observados resultados semelhantes quanto à influência da época de transplante. Chauhan et al. (2012) estudaram a influência das datas de plantio (20 de dezembro, 4 de janeiro, 19 de janeiro, 3 de fevereiro, 18 de fevereiro e 4 de março) no crescimento de *M. arvensis*, na Índia, observando maior produção média de biomassa de menta no plantio realizado em 18 de fevereiro, o que demonstra grande influência da data do plantio no crescimento e produção das plantas. Brar, Gill e Brar (2015) avaliaram quatro datas de plantio (1º de janeiro, 15 de janeiro, 30 de janeiro e 15 de fevereiro) e três datas de colheita (120, 135 e 150 dias após o transplante) de *M. arvensis*, na Índia. A data de plantio mais tardia (15 de fevereiro) e a colheita no intervalo mais longo (150 dias após o transplante) favoreceram a produção de biomassa de menta.

A influência da época do transplante sobre a produção de fitomassa de menta também foi verificada por Desai et al. (2018), em plantas de *M. arvensis* L., com plantio realizado nas datas de 1º de outubro, 1º de novembro e 1º de dezembro, correspondente ao outono na região, em que o plantio em 1º de novembro mostrou-se mais favorável para obtenção de maior fitomassa de menta. Em estudo similar, realizado com a mesma espécie e região, em outra época do ano, Desai et al. (2019) realizaram os plantios em 5 de julho, 20 de julho e 5 de agosto, em que o plantio em 5 de julho favoreceu a produção acumulada de massa fresca e seca de menta (g planta⁻¹). Os autores atribuem os resultados às condições climáticas favoráveis do período de crescimento. Sharma et al. (2012) também verificaram a influência da data de transplante no crescimento de *M. arvensis* L., em transplantes realizados em 15 de março, 30 de março e 15 de abril, primavera na região. A primeira época de transplante proporcionou maior produção de massa fresca de planta, devido às condições climáticas mais favoráveis. Em estudo realizado por Akhtar et al. (2009), com *M. x piperita*, em três estações em Bangladesh, no inverno, verão e estação das monções (estação chuvosa), foi verificada maior produção total de folhas (t ha⁻¹) na estação monção, em relação ao inverno e verão. Esse relato corrobora com os resultados do presente estudo e demonstra que é necessário considerar as condições climáticas no manejo da cultura.

A influência do período de colheita de plantas de *Mentha* sobre a produtividade de plantas foi verificada por Salim, Hassan e Khalid (2014), em que valores superiores foram observados no outono (1531,42 a 1887,08 g m⁻²). No verão a produção foi intermediária (726,75 a 835,25 g m⁻²) e no inverno foi inferior (269,65 a 315,24 g m⁻²). Avaliando a produção de biomassa de *M. x piperita* L. em duas épocas de colheita, julho e outubro, no Iran, Machiani et al. (2018) verificaram maior produção na colheita realizada em julho, período de temperaturas mais elevadas e menor precipitação. Dessa forma, os autores verificaram a influência das condições climáticas no período da colheita.

Dessa forma, pode-se verificar a influência do intervalo entre colheitas sobre a produção de fitomassa de folhas de menta, o que deve ser considerado no manejo e escalonamento da produção nas diferentes épocas do ano, a fim de maximizar a produção.

CONCLUSÕES

As colheitas em intervalos de 60 dias em transplante realizado no inverno são mais apropriadas para a produção de fitomassa de folhas de menta. Em transplante realizado no verão pode-se optar pelo intervalo de 45 dias.

REFERÊNCIAS

- AKHTAR, N. et al. Effect of planting time and micronutrient as zinc chloride on the growth, yield and oil content of *Mentha piperita*. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 44, n. 1, p. 125-130, 2009.
- ALI, B. et al. Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 5, n. 8, p. 601-611, 2015.
- BIASI, L. A. et al. Tipos de cobertura do solo e épocas de colheita na produção de melissa. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 314-318, 2009.
- BLANK, 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.

BLANK, A. F. et al. Produção de mudas, altura e intervalo de corte em melissa. **Horticultura Brasileira**, v.23, n. 3, p.780-784, 2005.

BRAR, S. K. et al. Planting date and Straw mulch affect biomass yield, oil yield and oil quality of Japanese mint (*Mentha arvensis* L.) harvested at successive intervals. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 17, n. 4, p. 676-695, 2014.

BRAR, S. K.; GILL, B. S.; BRAR, A. S. Effect of date of planting and harvesting schedule on heat-unit accumulation and biomass production in Japanese mint (*Mentha arvensis*). **Indian Journal of Agronomy**, v. 60, n. 2, p. 324-327, 2015.

CHAGAS, J. H. et al. Produção de biomassa e teor de óleo essencial em função da idade e época de colheita em plantas de hortelã-japonesa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 327-334, 2011.

CHAUHAN, R. K. et al. Influence of different dates of planting on growth, herb, oil yield and quality of essential oil of menthol mint (*Mentha arvensis*) in the North Indian Plain. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 58, n. 2, p. 223-232, 2012.

CLEMENTE, F.; HABER, L. **Plantas aromáticas e condimentares: uso aplicado na horticultura**. Embrapa: Brasília, 2013. 152p.

DESAI, S. et al. Effect of dates of planting on growth, yield and quality of menthol mint (*Mentha arvensis* L.) cultivars planted during *rabi* season. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 9, p. 625-633, 2018.

DESAI, S. et al. Influence of different planting dates on growth, yield and quality of menthol mint (*Mentha arvensis* L.) cultivars during *kharif* season. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 8, n. 6, p. 468-478, 2019.

ESTATCAMP, E. **Software Action**. São Carlos: Estatcamp-Consultoria em estatística e qualidade, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

IBRAHIM, R. et al. Evaluation of agro-morphological characters and oil percentage of *Origanum syriacum* L. and *Origanum majorana* L. at three dates of initial cutting. **Jordan Journal of Agricultural Sciences**, v. 173, n. 800, p. 1-26, 2012.

KASSAHUN, B. M.; SILVA, J. A. T.; MEKONNEN, S. A. Agronomic characters, leaf and essential oil yield of peppermint (*Mentha piperiata* L.) as influenced by harvesting age and row spacing. **Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology**, v. 5, n. 1, p. 49-53, 2011.

KUMAR, S. et al. High yields of artemisinin by multi-harvest of *Artemisia annua* crops. **Industrial Crops and Products**, v. 19, n. 1, p. 77-90, 2004.

KUMAR, S.; WAHAB, N.; WARIKOO, R. Bioefficacy of *Mentha piperita* essential oil against dengue fever mosquito *Aedes aegypti* L. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v.1, n. 2, p. 85-88, 2011.

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. G. Família Lamiaceae: Importantes óleos essenciais com ação biológica e antioxidante. **Revista Fitos**, v. 3, n. 3, p. 14-24, 2013.

MACHIANI, M. A. et al. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 529-537, 2018.

MARCO, C. A. et al. Influência de espaçamento, altura e época de corte no rendimento da biomassa e óleo essencial na cultura de capim citronela (*Cymbopogon winterianus* Jowitt.). **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 1, p. 32-36, 2006.

MAY, A. et al. Influência do intervalo entre cortes sobre a produção de biomassa de duas espécies de capim limão. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 379-382, 2008.

MAY, A. et al. Produção de biomassa e óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em função da altura e intervalo entre cortes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 2, p.195-200, 2010a.

MAY, A. et al. Produção de biomassa e óleo essencial de *Mentha citrata* em função do manejo cultural e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 370-375, 2010b.

MEIRA, M. R.; MANGANOTTI, S. A.; MARTINS, E. R. Crescimento e produção de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. nas condições climáticas de Montes Claros–MG. **Biotemas**, v. 24, n. 1, p. 1-8, 2011.

SALIM, E. A.; EL HASSAN, G. M.; KHALID, H. E. Effect of spacing and seasonal variation on growth parameters, yield and oil content of mint plants. **Journal of Forest Products & Industries**, v. 3, n. 2, p. 71-74, 2014.

SHARMA, S. Effect of dates of transplanting on the growth and oil yield of *Mentha arvensis* L. **Scholarly Journal of Agricultural Science**, v. 2, n. 7, p. 130-132, 2012.

TRENTO FILHO, A. J.; MENON, M. U.; CORRÊA JÚNIOR, C. Caracterização da produção de plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Território Centro-Sul do Paraná. **Ambiência**, v. 6, n. 3, p. 511-520, 2011.

CAPÍTULO 5 – Produção e composição de óleo essencial de manjerona em estações do ano

RESUMO

A manjerona (*Origanum majorana* L.) é uma espécie condimentar, medicinal e aromática, com propriedades antimicrobiana, antioxidante, vasodilatadora, digestiva e antiespasmódica. O estágio fenológico e a estação do ano influenciam o teor e qualidade do óleo essencial. O objetivo desse trabalho foi determinar a estação do ano que proporcione maior produção e melhor qualidade de óleo essencial de manjerona em transplantes realizados no verão e no inverno. Foram realizados dois experimentos em sistema de cultivo fora do solo, em ambiente protegido, sendo o primeiro com transplante realizado no verão e o segundo com transplante realizado no inverno. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, sendo eles as estações do ano. Foram coletadas plantas a cada 30 dias, no período de 12 meses, e foram unidas amostras de folhas de três colheitas consecutivas cultivadas na mesma estação do ano. O óleo essencial foi extraído pelo método da hidrodestilação em aparelho de Clevenger durante duas horas, em triplicatas. Foram determinados o teor de óleo essencial (%) e o rendimento de óleo essencial (g planta⁻¹ e em ml planta⁻¹). A composição química do óleo foi determinada por cromatografia gasosa, em triplicatas. No transplante realizado no verão o teor e rendimento (g planta⁻¹ e em ml planta⁻¹) de óleo essencial foram superiores nas estações verão (0,1727%, 0,1361 g planta⁻¹ e 0,2102 ml planta⁻¹, respectivamente) e primavera (0,1030%, 0,0881 g planta⁻¹ e 0,1710 ml planta⁻¹, respectivamente). No transplante realizado no inverno o teor de óleo foi superior na estação verão (0,2133%) e o rendimento no verão (0,1745 g planta⁻¹ e 0,2318 ml planta⁻¹, respectivamente) e na primavera (0,1430 g planta⁻¹ e 0,2265 ml planta⁻¹, respectivamente), períodos de maior temperatura e radiação solar. Os componentes majoritários do óleo essencial variaram entre as épocas de transplante e as estações do ano, sendo o carvacrol o componente de maior teor, principalmente no transplante de verão, com 30,37% no verão, 26,47% no outono, 33,70% no inverno e 27,74% na primavera, em relação ao transplante de inverno, com 19,64% no verão, 19,84% no outono, 15,06% no inverno e 16,05% na primavera. O terpinoleno foi outro composto verificado em todas as estações, variando de 11,95 a 15,86% no transplante de verão e 5,10 a 11,48% no transplante de inverno. A maior produção de óleo essencial de manjerona é obtida em colheitas realizadas no verão e na primavera em plantas transplantadas no verão e no inverno. Os componentes majoritários do óleo essencial de manjerona foram o carvacrol e o terpinoleno, independente da estação do ano e época de transplante.

Palavras-chave: *Origanum majorana* L. Carvacrol. Terpinoleno. Cultivo protegido.

ABSTRACT

Marjoram (*Origanum majorana* L.) is an aromatic and medicinal species with antimicrobial, antioxidant, vasodilator, digestive and antispasmodic properties. The phenological stage and season influence the content and quality of the essential oil. The aim of this study was to determine the season that provides the highest production and best quality of marjoram essential oil in summer and winter transplants. Two experiments were performed in a soilless

cultivation system, in a protected environment, the first with transplantation performed in summer and the second with transplantation performed in winter. It was used a completely randomized design with four treatments, being the seasons of the year. Plants were collected every 30 days, in a period of 12 months, and the sample leaves of three consecutive crops grown at the same season were joined. The essential oil was extracted by hydrodistillation method in Clevenger's apparatus for two hours, in triplicate. The essential oil content (%) and the essential oil yield (g plant^{-1} and in ml plant^{-1}) were determined. The chemical composition of the oil was determined by gas chromatography in triplicate. In the summer transplant the essential oil content and yield were higher in the summer (0.1727%, 0.1361 g plant^{-1} and 0.2102 ml plant^{-1} , respectively) and spring (0.1030%, 0.0881 g plant^{-1} and 0.1710 ml plant^{-1} , respectively). In the winter transplant the oil content was higher in the summer season (0.2133%) and the yield in the summer (0.1745 g plant^{-1} and 0.2318 ml plant^{-1} , respectively) and in spring (0.1430 g plant^{-1} and 0.2265 ml plant^{-1} , respectively), periods of higher temperature and solar radiation. The major components of the essential oil varied between transplantation seasons and seasons, with carvacrol being the major component, especially in summer transplantation, with 30.37% in summer, 26.47% in autumn, 33.70% in winter and 27.74% in spring, compared to transplant in winter, with 19.64% in summer, 19.84% in autumn, 15.06% in winter and 16.05% in spring. Terpinolene was another compound found in all seasons, ranging from 11.95 to 15.86% for summer transplantation and 5.10 to 11.48% for winter transplantation. The highest production of marjoram essential oil is obtained in summer and spring harvests in summer and winter transplanted plants. The major components of marjoram essential oil are carvacrol and terpinoleno, regardless of the season and time of transplant.

Key words: *Origanum majorana* L. Carvacrol. Terpinolene. Protected cultivation.

INTRODUÇÃO

A manjerona (*Origanum majorana* L.), pertencente à família Lamiaceae, é uma espécie aromática bastante utilizada na culinária, no tempero de carnes, saladas e aromatização de bebidas (CLEMENTE; HABER, 2013). Além disso, é considerada uma planta medicinal, apresentando uma das melhores atividades antibacterianas entre as espécies desse grupo (JOSHI; LEKHAK; SHARMA, 2009), o que ocorre devido a presença de compostos com alta atividade antimicrobiana no seu óleo essencial, permitindo sua utilização nas indústrias alimentares e farmacêuticas, pois é eficiente no combate de alguns fungos e bactérias patológicas, além de ser a base de plantas e ecológico (LEEJA; THOPPIL, 2007).

Outros atributos da manjerona foram verificados, como a propriedade antioxidante, tendo potencial para utilização como ingredientes conservantes nas indústrias alimentícia e farmacêutica (ROBY et al., 2013), antiespasmódica e vasodilatadora arterial, também sendo sugerida para o combate de resfriados e as inflamações orais (JELALI et al., 2011), digestiva e antisséptica (PEREIRA; SANTOS, 2013).

As propriedades medicinais das plantas são provenientes dos componentes químicos produzidos no metabolismo secundário, que originam, entre outros, os óleos essenciais (KABERA et al., 2014). Os óleos essenciais são líquidos incolores, aromáticos e com alto índice de refração, presentes em diversas partes das plantas, como nos tricomas glandulares, células especializadas, bolsas e reservatórios e até mesmo nos espaços intercelulares (ALI et al., 2015). De maneira geral, os componentes majoritários do óleo essencial de manjerona são o 4-terpineol, γ -terpineno, hidrato de trans-sabineno, alfa-terpineno, sabineno, hidrato de cis-sabineno, gama-terpineno, alfa-terpineol, alfa-terpinoleno, acetato de linalila e acetato de geranila (BAATOUR et al., 2010; JELALI et al., 2011; MOSSA; NAWWAR, 2011). No entanto, essa composição pode variar com o estágio fenológico em que a planta se encontra no momento da colheita (SELLAMI et al., 2009), além de ser influenciado pela estação do ano em que a planta é cultivada (SOLIMAN et al., 2009). O período de colheita também influencia a produtividade e o teor de óleo essencial de manjerona, estando altamente relacionado com as condições meteorológicas (ZAWIŚLAK; DZIDA, 2010).

Fatores como a temperatura, fotoperíodo, intensidade de radiação solar e o estresse hídrico também podem determinar a época ideal de colheita, visando maior quantidade dos princípios ativos desejados em plantas medicinais (PINTO et al., 2007). Variações de temperatura desencadeiam respostas adaptativas das plantas, alterando a produção de metabólitos secundários, como os componentes dos óleos essenciais. Além disso, a intensidade luminosa pode influenciar o rendimento e composição dos óleos essenciais das plantas (MORAIS, 2009).

A época do transplante também possui influência na produção de óleo essencial, conforme foi verificado por Luz et al. (2014) em plantas de manjerição (*Ocimum basilicum* L.), em que o transplante no verão resultou em maior rendimento de óleo essencial (g plantas⁻¹) em folhas frescas em relação ao transplante na primavera. Omer et al. (2016), verificaram maior teor de óleo essencial de manjerição no plantio realizado em abril em relação ao obtido no plantio em maio, ambas na época da primavera na região.

O objetivo desse trabalho foi determinar a estação do ano que proporcione maior produção e melhor qualidade de óleo essencial de manjerona em transplantes realizados no verão e no inverno.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos com manjerona foram conduzidos em sistema de cultivo fora do solo, em ambiente protegido do tipo abrigo de 115 m² (5×23 m), coberto com polietileno aditivado anti-UV de 150 µm de espessura, localizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O primeiro experimento foi instalado em 28 de dezembro de 2017 (transplante no verão) e conduzido até 23 de dezembro de 2018 (12 meses) e o segundo instalado em 28 de junho de 2018 (transplante no inverno) e conduzido até 23 de junho de 2019 (12 meses).

Durante o período de cultivo, a temperatura do ar no interior do abrigo foi registrada por um *data logger* digital (resolução 0,1°C e exatidão 0,5°C), instalado em um abrigo meteorológico. A radiação solar foi registrada na estação meteorológica automática, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 300 m do ambiente de cultivo.

As mudas de manjerona (*Origanum majorana* L.) utilizadas no experimento 1 (transplante no verão) foram obtidas em uma Agropecuária da região. As mudas de manjerona utilizadas no experimento 2 (transplante no inverno) foram produzidas no mesmo local do experimento, utilizando plantas matrizes cultivadas em estufa, em cultivo fora do solo. Para isso, foram utilizadas estacas de 4 cm das ponteiros dos ramos das plantas, deixando-se duas folhas expandidas na extremidade, as quais foram colocadas em contato com o hormônio ácido indolbutírico (AIB) em pó (concentração de 0,1%), e em seguida colocadas em bandejas de isopor contendo substrato comercial. As bandejas com as mudas produzidas foram colocadas sobre uma bancada, dentro da estufa, com irrigação do tipo aspersão, onde permaneceram até a formação do sistema radicular. O transplante das mudas foi realizado após 45 dias, quando o sistema radicular estava bem formado.

Nos dois experimentos, as mudas foram transplantadas para vasos de polietileno de 3 dm³, de cor branca, preenchidos com substrato comercial *MecPlant* (composto de casca de Pinus, vermiculita, corretivo de acidez e macronutrientes), no dia 28 de dezembro de 2017 (experimento 1) e no dia 28 de junho de 2018 (experimento 2). Os vasos foram dispostos sobre bancadas de 1,10 m de largura e 4 m de comprimento e altura de 80 cm do piso de concreto. Foram utilizadas duas bancadas em cada experimento. Em cada bancada foram acondicionados 44 vasos, resultando em 88 vasos e, conseqüentemente, 88 plantas em cada experimento. Para o experimento 1, em que as plantas possuíam um grande volume de folhas e ramos desde os primeiros 30 dias após o transplante, foram utilizadas apenas 4 plantas,

estando estas localizadas nas laterais das bancadas (APÊNDICE B). Para o experimento 2, em que as plantas demoraram mais tempo para crescer após o transplante, foram utilizadas mais de 4 plantas, a fim de se obter um volume adequado de material para extração. As plantas utilizadas eram bordaduras presentes nas bancadas, sendo estas também colhidas a cada 30 dias, para manter a padronização dos experimentos (APÊNDICE C).

As irrigações e fertirrigações foram realizadas por gotejamento por meio de fitas gotejadoras, posicionadas na parte superior dos vasos, com um gotejador por planta. A solução nutritiva foi preparada e armazenada em caixas de polipropileno de 500 L e fornecida às plantas por meio de uma motobomba controlada por um programador horário. Foi utilizada solução nutritiva com a seguinte composição: 8,69 de NO_3^- ; 1,86 de NH_4^+ ; 4 de H_2PO_4^- ; 6 de K^+ ; 4 de Ca^{2+} ; 2 de Mg^{2+} e 2 de SO_4^- (em mmol L^{-1}). Os micronutrientes foram fornecidos nas concentrações de (em mg L^{-1}) 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu; 0,50 de Mn; 0,22 de Zn e 1,0 de Fe na forma quelatizada. Os macronutrientes foram fornecidos por meio de fertilizantes nitrato de potássio, fosfato de amônio monobásico, nitrato de cálcio-Calclinit e sulfato de magnésio. A condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva foi monitorada semanalmente e corrigida com adição de alíquotas de nova solução sempre que necessário, mantendo o valor em torno de $1,84 \text{ dS m}^{-1}$.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, sendo eles as estações do ano (verão, primavera, inverno e outono) em que as amostras foram coletadas. Para determinação do teor e composição do óleo essencial de manjerona, em cada experimento, foram coletadas plantas a cada 30 dias, resultando em 12 colheitas em cada experimento. As colheitas foram realizadas a uma altura de sete cm da base da planta, a fim de permitir o rebrote dos ramos, dessa forma, as plantas foram colhidas sempre no mesmo estágio fenológico. O material coletado foi separado em folhas e ramos, sendo as folhas condicionadas em sacos plásticos e armazenados em congelador para posterior extração e análise. Para verificação da produção de óleo por estações do ano, foram unidas as amostras de 3 colheitas consecutivas, cultivadas na mesma estação do ano. Por exemplo, as amostras coletas nos meses de janeiro, fevereiro e março correspondem a estação de verão.

A extração do óleo essencial das folhas de manjerona foi realizada pelo método da hidrodestilação em um aparelho de Clevenger, em triplicatas, durante duas horas (APÊNDICE Q). Foram utilizadas 100 gramas de folhas frescas, em balão de 2 L contendo 1,250 L de água destilada. Foram determinados o teor de óleo essencial (%), o rendimento de óleo (g planta^{-1}) e o rendimento de óleo (ml planta^{-1}) pelas equações a seguir:

$$T (\%) = \frac{P}{MA} * 100$$

$$R (\text{g planta}^{-1}) = \frac{(\text{MFF planta}^{-1} * P)}{MA}$$

$$R (\text{ml planta}^{-1}) = \frac{(\text{MFF planta}^{-1} * Q)}{MA}$$

Em que: T (%) = teor de óleo em porcentagem; P= peso do óleo em gramas; MA: massa da amostra em gramas; R= rendimento de óleo; MFF planta⁻¹ = valor médio de massa fresca de folhas por planta; Q= quantidade de óleo em mililitros. Os valores de teor, em %, e rendimento, em g planta⁻¹ e em ml planta⁻¹, de cada repetição foram utilizados na análise de variância e testes de comparação de médias.

A composição química do óleo essencial foi realizada no Laboratório de Extrativos Vegetais (LABEVE), por meio de cromatógrafo gasoso. A identificação dos compostos foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS) em triplicatas, utilizando um sistema hifenado Agilent 7890A, equipado com um detector seletivo de massas série 5975C. Parâmetros de análise: modo de injeção Split (1:50, v/v); gás carreador: He (fluxo de 1,0 ml/ min); coluna capilar de sílica fundida DB5-MS (5% fenilmetilsiloxano, 30 m × 0,25 mm, espessura do filme: 0,25 µm); e energia de ionização: 70 eV. O hélio foi usado como gás de arraste em uma taxa de vazão de 1,0 ml/min, com temperatura do injetor, detector e interface ajustado em 250 °C e a temperatura auxiliar ajustada em 280 °C. A temperatura do forno foi mantida a 40 °C por 4 min e aumentada para 320 °C a uma taxa de 4 °C/ min.

Os componentes do óleo essencial foram identificados com base nos índices de retenção de Kovats (IK), determinados por meio da utilização de uma curva de calibração de uma série homóloga de *n*-alcanos (C8-C40), comparados aos dados de espectros de massas da literatura e ao banco de dados do espectro do equipamento (ADAMS, 2001; NIST, 2008). A quantificação dos componentes foi obtida por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-FID), realizada em um cromatógrafo Agilent 7890^a e os parâmetros de análises equivalem aos citados anteriormente, por análise GC-MS, exceto para a injeção pelo modo splitless e a temperatura do injetor e do detector: 300 °C.

Para cada variável (teor e rendimentos de óleo essencial) foi verificada a normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias residuais pelo teste de Bartlett. Foi realizada a análise de variância, seguida do teste de Scott-Knott para comparação das médias. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos softwares Action (ESTATCAMP, 2014) e SISVAR 5.7 (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor e rendimento de óleo essencial de manjerona, no transplante realizado no verão demonstrou diferenças significativas entre as estações do ano (Tabela 5-1). O teor de óleo essencial foi superior nas colheitas realizadas no verão (0,1727%) e na primavera (0,1030%), assim como o rendimento de óleo em g planta⁻¹ (0,1361 e 0,0881 g planta⁻¹, respectivamente) e o rendimento em ml planta⁻¹ (0,2102 e 0,1710 ml planta⁻¹, respectivamente). O teor e rendimento de óleo em g planta⁻¹ foi similar nas estações de outono e inverno. Já o rendimento de óleo em ml planta⁻¹ foi mediano no outono (0,1291 ml planta⁻¹) e inferior no inverno (0,0501 ml planta⁻¹).

Tabela 5-1 – Teor e rendimento de óleo essencial de *Origanum majorana* L. nas estações do ano no transplante realizado no verão.

Estação	Teor de óleo (%)	Rendimento de óleo (g planta ⁻¹)	Rendimento de óleo (ml planta ⁻¹)
Verão	0,1727 a	0,1361 a	0,2102 a
Outono	0,0323 b	0,0418 b	0,1291 b
Inverno	0,0050 b	0,0044 b	0,0501 c
Primavera	0,1030 a	0,0881 a	0,1710 a
CV%	59,64	55,03	16,61

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para o transplante realizado no inverno, os teores e rendimento de óleo essencial de manjerona também apresentaram diferenças significativas entre as estações do ano (Tabela 5-2). A estação do verão proporcionou os teores mais elevados de óleo essencial (0,2133%). Para as estações outono e primavera os valores foram similares (0,1443 e 0,1473%, respectivamente). Na estação do inverno foram verificados valores inferiores de teor de óleo essencial (0,0463%). O rendimento de óleo em g planta⁻¹ e em ml planta⁻¹ foi superior nas estações do verão (0,1745 g planta⁻¹ e 0,2318 ml planta⁻¹) e primavera (0,1430 g planta⁻¹ e 0,2265 ml planta⁻¹). O rendimento de óleo em g planta⁻¹ foi similar no outono e no inverno (0,0594 e 0,0158 g planta⁻¹, respectivamente). Já o rendimento de óleo essencial em ml planta⁻¹ foi mediano no outono (0,0823 ml planta⁻¹) e inferior no inverno (0,0170 ml planta⁻¹).

Resultados divergentes foram observados na literatura, em que foram verificados teores mais elevados de óleo essencial e com respostas distintas em relação às estações do ano. Soliman et al. (2009), verificaram a influência da estação do ano no teor de óleo essencial de manjerona, cultivada no Egito, e obtiveram valores de 3,0% na primavera (na plena floração), 2,8% no inverno e 2,5% no verão e outono. Em outro estudo realizado na Polônia, por Zawislak e Dzida (2010), em que maiores teores de óleo essencial de manjerona foram verificados na segunda colheita (2,39%), realizada no outono, em relação aos obtidos na primeira colheita (1,95%), realizada no verão. Segundo os autores, a influência do período de colheita sobre o teor de óleo essencial de manjerona está altamente relacionada com as condições meteorológicas do período. Para outra espécie medicinal, a melissa (*Melissa officinalis* L.), Said-al Ahl et al. (2018) verificaram variação sazonal no teor de óleo essencial, com variações de 0,013 a 0,115%, sendo mais elevado nos meses de maiores temperaturas, similar ao observado no presente estudo para a manjerona.

Tabela 5-2 – Teor e rendimento de óleo essencial de *Origanum majorana* L. nas estações do ano no transplante realizado no inverno.

Estação	Teor de óleo (%)	Rendimento de óleo (g planta ⁻¹)	Rendimento de óleo (ml planta ⁻¹)
Verão	0,2133 a	0,1745 a	0,2318 a
Outono	0,1443 b	0,0594 b	0,0823 b
Inverno	0,0463 c	0,0158 b	0,0170 c
Primavera	0,1473 b	0,1430 a	0,2265 a
CV%	21,84	27,35	13,14

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos no presente estudo são superiores aos observados por Sellami et al. (2009), que verificaram o teor de óleo essencial de manjerona em dois estágios vegetativos (aos 45 e aos 90 dias) e dois reprodutivos (aos 4 meses e aos 5 meses, na plena floração), sendo o valor superior aos 5 meses após o transplante (0,09%), no pleno florescimento, e inferior 90 dias após o transplante (0,04%), na fase vegetativa tardia. Na fase vegetativa precoce (45 dias após o transplante) e na fase de brotação (4 meses após o transplante) foram obtidos teores de óleo essencial de 0,07%.

Avaliando a influência da data de colheita na produção de óleo de manjerona, na Polônia, Zawislak (2008) verificou que o maior teor médio de óleo essencial foi obtido na primeira colheita (2,2%), realizada em julho (fim da primavera), em relação a segunda (1,7%), realizada em final de agosto (fim do verão). Resultado distinto foi verificado por Nurzynska-Wierdak e Dzida (2009), na Polônia, com a primeira colheita realizada em junho (no início da formação do botão floral) e a segunda em julho (na plena floração), em que o teor médio de óleo essencial foi superior na segunda colheita (1,74 %) em relação a primeira (1,51%). Os resultados obtidos no estudo de Nurzynska-Wierdak e Dzida (2009) são superiores aos observados no presente trabalho.

Em um estudo realizado com acessos de manjerona, na Jordânia, Ibrahim et al. (2012) verificaram o teor de óleo essencial em três datas de primeira colheita das plantas, sendo elas realizadas no final de fevereiro (florescimento), início de março e final de março. Em cada data de colheita foram realizadas três colheitas consecutivas, a cada trinta dias. Os autores verificaram maior teor de óleo na colheita realizada no final de março (1,65%), em comparação às demais datas.

Na primeira época de transplante a colheita de manjerona no verão favoreceu a produção de óleo essencial, visto que foram verificados os teores mais elevados nessa estação. O mesmo ocorreu para as estações de verão e primavera na segunda época. Nesse período, ocorreram as maiores temperaturas e radiação solar no interior da estufa onde as plantas eram cultivadas, nos anos de 2018 e 2019 (Figuras 5-1 e 5-2). Dessa forma, pode-se compreender a influência desses fatores climáticos sobre a produção de óleo essencial de manjerona. O teor de óleo essencial de manjerona no verão foi mais elevado no transplante realizado no inverno, em relação ao transplante realizado no verão.

A influência da época de transplante na produção de óleo essencial também foi verificada por Luz et al. (2014) em plantas de manjericão (*Ocimum basilicum* L.), em Uberlândia, em que o transplante no verão resultou em maior rendimento de óleo essencial (g plantas⁻¹) em folhas frescas em relação ao transplante na primavera. Omer et al. (2016), verificaram maior teor de óleo essencial de manjericão, no Egito, no plantio realizado em abril (0,630 e 0,640%) em relação ao obtido no plantio em maio (0,560 e 0,550%), ambas épocas primavera na região.

Figura 5-1 – Temperatura média do ar (°C) no interior da estufa nas estações do ano, no período de dezembro de 2017 a junho de 2019.

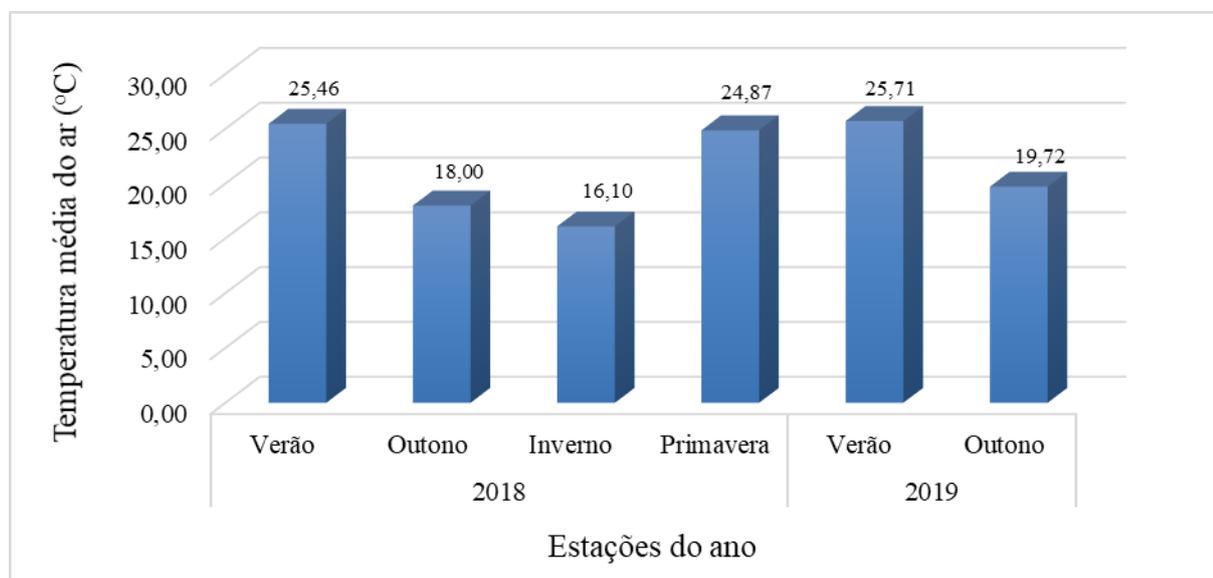
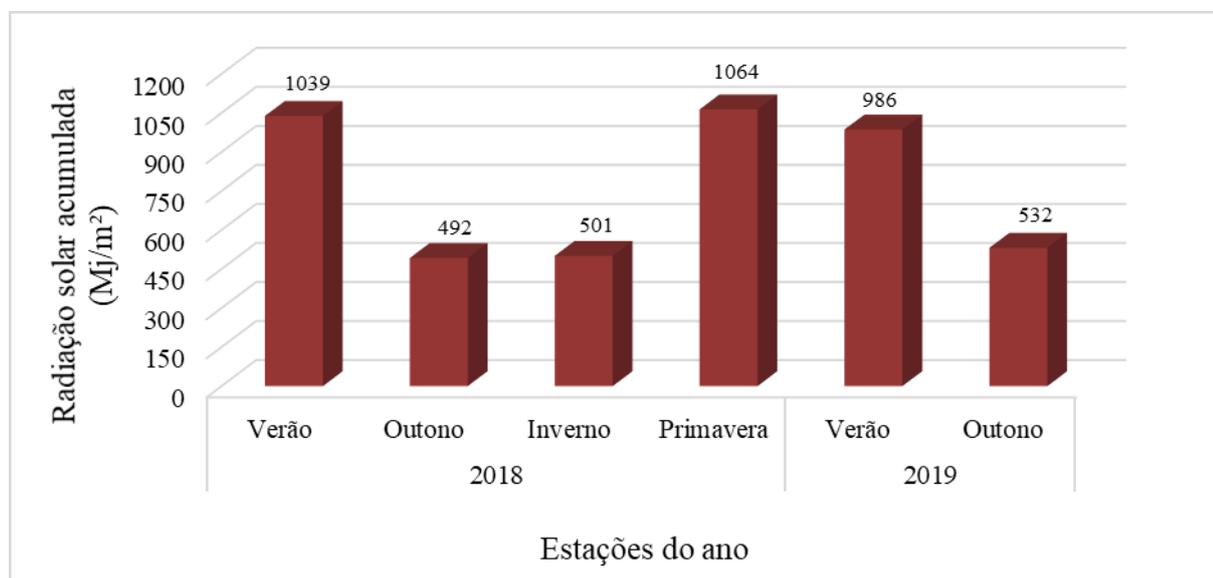


Figura 5-2 – Radiação solar acumulada (Mj/m²) no interior da estufa nas estações do ano, no período de dezembro de 2017 a junho de 2019.



Os componentes do óleo essencial de manjerona, no transplante realizado no verão, demonstraram diferenças entre as estações do ano (Tabela 5-3). Os componentes majoritários (mais de 75%) encontrados na estação do verão foram o carvacrol (30,37%), terpinoleno (15,86%), 4-terpineol (15,20%), alfa-cariofileno (9,52%) e alfa-terpineol (4,17%). Na estação do outono foram o carvacrol (26,47%), 4-terpineol (20,14%), terpinoleno (14,15%), alfa-

cariofileno (10,29%) e alfa-terpineol (4,64%). No inverno os componentes majoritários foram carvacrol (33,70%), terpinoleno (11,95%), alfa-cariofileno (11,67%), 4-terpineol (10,64%), biciclogermacreno (5,67%) e cis-geraniol (5,60%). Na primavera os componentes majoritários foram carvacrol (27,74%), terpinoleno (12,24%), alfa-cariofileno (11,97%), 4-terpineol (9,31%), cis-geraniol (5,91%), biciclogermacreno (5,49%) e hidrato de trans-sabineno (4,28%). Os componentes majoritários verificados no verão e outono foram similares, com pequenas diferenças na porcentagem de cada um, sendo eles o carvacrol, terpinoleno, 4-terpineol, alfa-cariofileno e alfa-terpineol. Nas estações inverno e primavera os componentes majoritários também foram similares, com poucas diferenças no teor, sendo eles o carvacrol, terpinoleno, alfa-cariofileno, 4-terpineol, biciclogermacreno e cis-geraniol, além do hidrato de trans-sabineno na primavera.

No transplante realizado no inverno foram verificados maior número de componentes majoritários (somando pelo menos 75%), sendo que estes possuíam menor teor em relação ao total do óleo essencial (Tabela 5-4). Foram observadas maiores diferenças na composição do óleo essencial entre as estações do ano, em relação ao transplante de verão, em que os componentes majoritários foram carvacrol (19,64%), hidrato de trans-sabineno (14,07%), 4-terpineol (12,86%), terpinoleno (7,45%), trans-p-mentona (5,56%), alfa-felandreno (5,37%), sabineno (4,67%), beta-cariofileno (3,78%) e alfa-terpineno (3,25%). No outono os componentes foram carvacrol (19,84%), hidrato de trans-sabineno (12,16%), terpinoleno (11,48%), alfa-terpineol (9,62%), 4-terpineol (5,61%), germacreno-D (4,89%), sabineno (4,43%), alfa-felandreno (4,20%) e éter metílico do timol (3,14%). No inverno os componentes foram carvacrol (15,06%), hidrato de trans-sabineno (14,50%), 4-terpineol (9,94%), beta-cariofileno (6,99%), trans-p-mentona (6,47%), terpinoleno (5,10%), p-cimeno (4,79%), cis-geraniol (4,07%), sabineno (3,44%), ocimeno (3,28%) e alfa-terpineno (3,16%). Na primavera os componentes majoritários foram carvacrol (16,05%), hidrato de trans-sabineno (14,58%), alfa-terpineol (11,85%), trans-p-mentona (6,58%), alfa-felandreno (5,70%), terpinoleno (5,48%), sabineno (4,81%), beta-cariofileno (4,25%), alfa-terpineno (3,64%) e p-cimeno (3,44%). Os componentes que se mantiveram em todas as estações foram o carvacrol, hidrato de trans-sabineno, terpinoleno, sabineno. Os componentes trans-p-mentona, beta-cariofileno e alfa-terpineno foram verificados no verão, inverno e primavera, o componente alfa-felandreno foi verificado no verão, outono e primavera, o composto 4-terpineol foi verificado no verão, outono e inverno, o composto alfa-terpineol foi verificado no outono e na primavera. Já os compostos germacreno-D e éter metílico do timol foram

verificados apenas no outono e os compostos p-cimeno, cis-geraniol e ocimeno foram verificados apenas no inverno.

Tabela 5-3 – Composição química (%) do óleo essencial de *Origanum majorana* L. nas estações do ano no transplante realizado no verão.

IK*	Componentes	Estação do ano			
		Verão	Outono	Inverno	Primavera
961	Sabineno	1,50 ± 0,01**	-	1,00 ± 0,01	1,19 ± 0,01
979	β-Pineno	0,29 ± 0,00	-	-	0,64 ± 0,00
1005	α-Felandreno	0,46 ± 0,00	-	0,47 ± 0,00	0,31 ± 0,00
1013	p-Cimeno	1,16 ± 0,01	1,09 ± 0,01	0,81 ± 0,00	1,31 ± 0,01
1017	α-Terpineno	1,09 ± 0,01	-	-	2,30 ± 0,02
1026	α-Ocimeno	-	1,24 ± 0,01	1,04 ± 0,01	0,51 ± 0,00
1036	cis-β-Ocimeno	0,25 ± 0,00	-	-	0,36 ± 0,00
1047	Hidrato de trans-sabineno	1,49 ± 0,01	0,13 ± 0,00	2,26 ± 0,01	4,28 ± 0,03
1058	trans-β-Ocimeno	1,40 ± 0,01	1,71 ± 0,01	1,02 ± 0,01	0,97 ± 0,01
1074	γ-Terpineno	-	-	-	0,84 ± 0,01
1088	Terpinoleno	15,86 ± 0,11	14,15 ± 0,08	11,95 ± 0,07	12,24 ± 0,09
1112	Linalol	2,37 ± 0,01	1,00 ± 0,01	1,10 ± 0,01	1,60 ± 0,01
1144	trans-p-Mentona	2,23 ± 0,01	2,84 ± 0,02	1,07 ± 0,01	2,17 ± 0,02
1168	4-Terpineol	15,20 ± 0,11	20,14 ± 0,012	10,64 ± 0,06	9,31 ± 0,07
1182	α-Terpineol	4,17 ± 0,03	4,64 ± 0,03	2,98 ± 0,02	2,71 ± 0,02
1216	cis-Geraniol	2,95 ± 0,2	3,64 ± 0,02	5,60 ± 0,03	5,91 ± 0,04
1226	Eter metílico do timol	1,19 ± 0,01	1,41 ± 0,01	1,66 ± 0,01	1,37 ± 0,01
1237	Bergamiol	0,56 ± 0,00	0,63 ± 0,00	0,94 ± 0,01	0,89 ± 0,01
1276	Carvacrol	30,37 ± 0,21	26,47 ± 0,15	33,70 ± 0,19	27,74 ± 0,20
1364	Acetato de geranila	-	-	-	0,55 ± 0,00
1403	β-Cariofileno	0,32 ± 0,00	2,21 ± 0,01	1,19 ± 0,01	1,12 ± 0,01
1439	α-Cariofileno	9,52 ± 0,07	10,29 ± 0,06	11,67 ± 0,07	11,97 ± 0,08
1465	Germacreno-D	1,58 ± 0,01	4,48 ± 0,03	0,58 ± 0,00	0,56 ± 0,00
1479	Biciclogermacreno	3,89 ± 0,02	1,51 ± 0,01	5,67 ± 0,03	5,49 ± 0,04
1492	δ-Cadineno	1,04 ± 0,01	-	-	2,18 ± 0,02
1502	γ-Cadineno	0,79 ± 0,00	1,20 ± 0,01	3,85 ± 0,02	1,21 ± 0,01
1559	Espatuleno	0,54 ± 0,00	0,79 ± 0,00	-	0,48 ± 0,00

* IK= Índice de Kovats. ** Média de três injeções ± o desvio padrão. Símbolo “-” indica que o componente não foi verificado nessa estação.

Tabela 5-4 – Composição química (%) do óleo essencial de *Origanum majorana* L. nas estações do ano no transplante realizado no inverno.

IK*	Componentes	Estação do ano			
		Verão	Outono	Inverno	Primavera
915	α -Tujeno	0,20 \pm 0,00**	0,18 \pm 0,00	0,23 \pm 0,00	0,22 \pm 0,00
922	α -Pino	1,89 \pm 0,01	1,68 \pm 0,01	1,31 \pm 0,01	1,85 \pm 0,01
961	Sabineno	4,67 \pm 0,03	4,43 \pm 0,02	3,44 \pm 0,02	4,81 \pm 0,02
965	β -Mirceno	2,37 \pm 0,01	2,33 \pm 0,01	-	2,36 \pm 0,01
980	β -Pino	0,70 \pm 0,00	0,55 \pm 0,00	2,25 \pm 0,01	0,64 \pm 0,00
1005	α -Felandreno	5,37 \pm 0,03	4,20 \pm 0,02	0,58 \pm 0,00	5,70 \pm 0,04
1013	p-Cimeno	2,31 \pm 0,01	2,10 \pm 0,01	4,79 \pm 0,03	3,44 \pm 0,02
1018	α -Terpineno	3,25 \pm 0,02	2,76 \pm 0,02	3,16 \pm 0,02	3,64 \pm 0,03
1026	α -Ocimeno	0,32 \pm 0,00	0,33 \pm 0,00	3,28 \pm 0,02	0,39 \pm 0,00
1036	cis- β -Ocimeno	0,71 \pm 0,00	0,82 \pm 0,00	0,79 \pm 0,00	0,60 \pm 0,00
1047	Hidrato de Trans-sabineno	14,07 \pm 0,00	12,16 \pm 0,07	14,50 \pm 0,08	14,58 \pm 0,00
1059	trans- β -Ocimeno	0,94 \pm 0,01	1,12 \pm 0,01	1,77 \pm 0,01	1,00 \pm 0,00
1074	γ -Terpineno	1,77 \pm 0,01	1,52 \pm 0,00	0,45 \pm 0,00	1,86 \pm 0,01
1089	Terpinoleno	7,45 \pm 0,04	11,48 \pm 0,07	5,10 \pm 0,03	5,48 \pm 0,04
1112	Linalol	0,37 \pm 0,00	0,23 \pm 0,00	0,40 \pm 0,00	2,15 \pm 0,01
1130	β -Felandreno	-	-	-	0,49 \pm 0,00
1130	trans-p-Mentona	5,56 \pm 0,03	0,49 \pm 0,00	6,47 \pm 0,04	6,58 \pm 0,04
1168	4-Terpineol	12,86 \pm 0,07	5,61 \pm 0,03	9,94 \pm 0,06	0,64 \pm 0,00
1182	α -Terpineol	2,40 \pm 0,01	9,62 \pm 0,05	2,26 \pm 0,01	11,85 \pm 0,07
1196	NI	0,17 \pm 0,00	-	-	-
1217	Cis-Geraniol	2,01 \pm 0,01	2,23 \pm 0,01	4,07 \pm 0,02	2,27 \pm 0,01
1226	Éter metílico do timol	1,10 \pm 0,01	3,14 \pm 0,01	1,08 \pm 0,01	2,32 \pm 0,01
1237	Bergamiol	0,34 \pm 0,00	1,24 \pm 0,00	0,69 \pm 0,00	1,07 \pm 0,01
1277	Carvacrol	19,64 \pm 0,11	19,84 \pm 0,11	15,06 \pm 0,09	16,05 \pm 0,09
1284	Timol	1,32 \pm 0,01	1,94 \pm 0,01	-	1,49 \pm 0,02
1345	NI	-	0,36 \pm 0,00	2,25 \pm 0,01	-
1364	Acetato de geranila	-	0,20 \pm 0,00	0,71 \pm 0,00	-
1404	β -Cariofileno	3,78 \pm 0,02	0,66 \pm 0,00	6,99 \pm 0,04	4,25 \pm 0,02
1439	α -Cariofileno	1,05 \pm 0,01	0,38 \pm 0,00	1,75 \pm 0,01	1,12 \pm 0,01
1465	Germacreno-D	0,84 \pm 0,00	4,89 \pm 0,02	1,33 \pm 0,01	0,85 \pm 0,00
1479	Biciclogermacreno	1,24 \pm 0,01	1,57 \pm 0,01	2,15 \pm 0,01	1,33 \pm 0,01
1488	α -Farneseno	1,11 \pm 0,01	1,37 \pm 0,01	-	-
1501	γ -Cadineno	0,43 \pm 0,01	0,54 \pm 0,00	1,84 \pm 0,01	1,16 \pm 0,01

* IK= Índice de Kovats. ** Média de três injeções \pm o desvio padrão. NI: Não identificado. Símbolo “-” indica que o componente não foi verificado nessa estação.

Comparando-se cada estação do ano nas duas épocas de transplante, é possível verificar diferenças entre elas. Os componentes carvacrol e terpinoleno foram verificados em todos os tratamentos, tendo o carvacrol maior teor no transplante realizado no verão em relação ao inverno. Na estação verão, os componentes carvacrol, terpinoleno e 4-terpineol foram encontrados em ambas as épocas, no entanto na primeira também foi encontrado alfa-cariofileno e alfa-terpineol e na segunda foram encontrados mais seis componentes, sendo eles o hidrato de trans-sabineno, trans-p-mentona, alfa-felandreno, sabineno, beta-cariofileno e alfa-terpineno. No outono foram obtidos os componentes carvacrol, 4-terpineol, terpinoleno e alfa-terpineol em ambas as épocas, além do alfa-cariofileno na primeira época e outros cinco compostos na segunda época, sendo eles o hidrato de trans-sabineno, germacreno-D, sabineno, alfa-felandreno e éter metílico do timol. Na estação do inverno os componentes encontrados em comum nas duas épocas de transplante foram o carvacrol, o terpinoleno, 4-terpineol e o cis-geraniol.

No transplante realizado no verão também foram obtidos os compostos alfa-cariofileno e biciclogermacreno. Já no transplante realizado no inverno foram verificados outros sete componentes majoritários, sendo eles o hidrato de trans-sabineno, beta-cariofileno, trans-p-mentona, p-cimeno, sabineno, ocimeno e alfa-terpineno. Na primavera foram obtidos os compostos carvacrol, terpinoleno e hidrato de trans-sabineno em ambas as épocas. Além disso, na primeira época também foram verificados os componentes alfa-cariofileno, 4-terpineol, cis-geraniol e biciclogermacreno. Já na segunda época foram obtidos outros 6 compostos, sendo eles o alfa-terpineol, trans-p-mentona, alfa-felandreno, sabineno, beta-cariofileno e alfa-terpineno.

As diferenças na composição do óleo essencial de manjerona entre as épocas de transplante podem estar relacionadas às diferenças nas condições de temperatura e duração do dia em que as plantas foram expostas, visto que esses fatores influenciam na presença de determinadas enzimas, responsáveis pelo aumento ou diminuição de determinados componentes. A maior concentração de carvacrol no transplante realizado no verão pode ser em decorrência das temperaturas mais elevadas, que favorecem sua produção (NOVAK; LUKAS; FRANZ, 2010).

A influência da estação do ano na composição do óleo essencial de manjerona também foi verificada por Soliman et al. (2009), que observaram menores quantidades da maioria dos componentes nas colheitas realizadas no inverno. Os principais componentes encontrados no óleo essencial de manjerona foram timol (38,4% na primavera), 4-terpineol (7,7 a 37,4%), hidrato de cis-sabineno (7,4 a 54,4%), gama-terpineno (5,3 a 18,3%), p-cimeno (2,3 a 13,9%),

alfa-terpineno (0,4 a 13,3%). Já Sellami et al. (2009) verificaram a composição química do óleo essencial de manjerona em dois estágios vegetativos (aos 45 e aos 90 dias) e dois reprodutivos (aos 4 meses e aos 5 meses, na plena floração). Os componentes majoritários foram terpineol-4, hidrato de cis-sabineno, hidrato de trans-sabineno, acetato de linalil, acetato de bornila, gama-terpineno e linalol, no entanto, o teor de cada um deles sofreu variações de acordo com o estágio fisiológico.

Os resultados observados nesse estudo assemelham-se aos de outros estudos realizados com manjerona. Mossa e Nawwar (2011) verificaram como componentes majoritários do óleo essencial de manjerona coletada no verão, 4-terpineol (29,97%), gama-terpineno (15,40%), hidrato de trans-sabineno (10,93%), alfa-terpineno (6,86%), 3-ciclohexano-1-1 metanol, a, a, 4-trimetil (6,54%), sabineno (3,91%), alfa-terpinoleno (2,92%), acetato de linalina (2,73%) e hidrato de cis-sabineno (2,71%). Baatour et al. (2010), encontraram como componentes majoritários o hidrato de trans-sabineno (47,67%), 4-terpineol (20,82%) e hidrato de cis-sabineno (7,23%). Jelali et al. (2011) verificaram como principais componentes o 4-terpineol, gama-terpineno, hidrato de trans-sabineno, alfa-terpineno e alfa-terpineol. Guerra-Boone et al. (2015) encontraram como componentes majoritários do óleo essencial de manjerona o 4-terpineol (23,1%), hidrato de trans-sabineno (15,3%), γ -terpineno (11,5%), e timol (16,3%).

Apesar de algumas semelhanças nos componentes majoritários obtidos nos trabalhos citados, o carvacrol foi encontrado por alguns autores, porém não apareceu entre os componentes majoritários do óleo essencial de manjerona, contrariamente ao verificado nesse estudo, em que foi o componente de maior teor para todas as estações e épocas de transplante. No entanto, esse composto é isômero do timol, sendo sua produção influenciada pela temperatura, em que temperaturas mais elevadas favorecem a produção de carvacrol em detrimento do timol e temperaturas mais baixas favorecem a produção de timol em detrimento do carvacrol (NOVAK; LUKAS; FRANZ, 2010). O carvacrol é uma substância incolor, com odor distinto, responsável pelo sabor levemente picante da manjerona. Esse composto é utilizado em pequenas concentrações como ingrediente aromatizador e preservativo em alimentos e possui propriedades como antifúngica, antibacteriana, antioxidante, hepatoprotetora, vaso-relaxante e espasmolítica (SUNTRES; COCCIMIGLIO; ALIPOUR, 2015). Além das atividades antimicrobiana e antioxidante atribuídas à essa substância, é relatada sua atividade anticâncer, principalmente em estudos *in vitro* (SHARIFI-RAD et al. 2018). Esse componente fitoquímico também tem apresentado potencial para utilização na agricultura devido suas atividades pesticidas contra um grande número de pragas e de diversas origens (BENDRE; BAGUL; RAJPUT, 2018). Além disso, recentemente foi verificado seu

potencial de uso contra diversas doenças vegetais, principalmente em espécies frutíferas e hortícolas, sendo sua utilização promissora nessa área (LIU; QIAO; ZHANG, 2019).

Outro componente majoritário encontrado no óleo essencial de manjerona em todas as estações e épocas de transplante foi o terpinoleno. Esse composto demonstrou ser um potente agente antiproliferativo para células tumorais cerebrais e pode ter potencial como agente anticâncer (AYDIN; TÜRKEZ; TAŞDEMİR, 2013). Além disso, o terpinoleno e o alfa-felandreno, outro componente majoritário do óleo essencial de manjerona, possuem que características químicas semelhantes, com propriedades cicatrizantes, apresentando potencial para o tratamento de feridas, atenuando inflamações cutâneas (SCHERER et al., 2019). Outras substâncias presentes no óleo essencial de manjerona, como 4-terpineol, hidrato de trans-sabineno, sabineno, alfa-terpineno, alfa-terpinoleno, gama-terpineno, para-cis-2-mentol-1, timol e alfa-tujeno são responsáveis pela sua propriedade antioxidante (MOSSA; NAWWAR, 2010).

Dessa forma pode-se verificar a influência das condições climáticas na produção de óleo essencial de manjerona, o que deve ser considerado no manejo e escalonamento da produção, considerando, principalmente, a época de colheita das plantas.

CONCLUSÕES

A maior produção de óleo essencial de manjerona é obtida em colheitas realizadas no verão e na primavera em plantas transplantadas no verão e no inverno. Os componentes majoritários do óleo essencial de manjerona são o carvacrol e o terpinoleno, independente da estação do ano e época de transplante.

REFERÊNCIAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy**. Illinois: Allured Publishing Corporation, 2001. 456p.

ALI, B. et al. Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 5, n. 8, p. 601-611, 2015.

AYDIN, E.; TÜRKEZ, H.; TAŞDEMİR, Ş. Anticancer and antioxidant properties of terpinolene in rat brain cells. **Archives of Industrial Hygiene and Toxicology**, v. 64, n. 3, p. 415-424, 2013.

BAATOUR, O. et al. Salt effects on the growth, mineral nutrition, essential oil yield and composition of marjoram (*Origanum majorana*). **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 32, n. 1, p. 45-51, 2010.

BENDRE, R., BAGUL, S., RAJPUT, J. Carvacrol: an excellent natural pest control agent. **Natural Products Chemistry & Research**. v. 6, n. 6, p. 1-3, 2018.

CLEMENTE, F.; HABER, L. **Plantas aromáticas e condimentares: uso aplicado na horticultura**. Brasília: Embrapa, 2013. 152 p.

ESTATCAMP, E. **Software Action**. São Carlos: Estatcamp-Consultoria em estatística e qualidade, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GUERRA-BOONE, L. et al. Antimicrobial and antioxidant activities and chemical characterization of essential oils of *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*, and *Origanum majorana* from northeastern México. **Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 28, n. 1, p. 363-369, 2015.

IBRAHIM, R. et al. Evaluation of agro-morphological characters and oil percentage of *Origanum syriacum* L. and *Origanum majorana* L. at three dates of initial cutting. **Jordan Journal of Agricultural Sciences**, v. 173, n. 800, p. 1-26, 2012.

JELALI, N. et al. Salinity effects on growth, essential oil yield and composition and phenolic compounds content of marjoram (*Origanum majorana* L.) leaves. **Journal of Food Biochemistry**, v. 35, n. 5, p. 1443-1450, 2011.

JOSHI, B.; LEKHAK, S.; SHARMA, A. Antibacterial property of different medicinal plants: *Ocimum sanctum*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Xanthoxylum armatum* and *Origanum majorana*. **Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology**, v. 5, n. 1, p. 143-150, 2009.

KABERA, J. N. et al. Plant secondary metabolites: biosynthesis, classification, function and pharmacological properties. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 2, n. 7, p. 377-392, 2014.

LEEJA, L.; THOPPIL, J. E. Antimicrobial activity of methanol extract of *Origanum majorana* L. (Sweet marjoram). **Journal of Environmental Biology**, v. 28, n. 1, p. 145, 2007.

LIU, Q.; QIAO, K.; ZHANG, S. Potential of a small molecule carvacrol in management of vegetable diseases. **Molecules**, v. 24, n. 10, p. 1-8, 2019.

LUZ, J. M. Q. et al. Produção de óleo essencial de *Ocimum basilicum* L. em diferentes épocas. **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas**, v. 13, n. 1, p. 69-80, 2014.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. S4050-S4063, 2009.

MOSSA, A. T. H.; NAWWAR, G. A. M. Free radical scavenging and antiacetylcholinesterase activities of *Origanum majorana* L. essential oil. **Human & Experimental Toxicology**, v. 30, n. 10, p. 1501-1513, 2011.

NIST, N. I. S. T. 2008. Mass spectral library (NIST/EPA/NIH), Gaithersburg, USA.

NOVAK, J.; LUKAS, B.; FRANZ, C. Temperature influences thymol and carvacrol differentially in *Origanum* spp. (Lamiaceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 22, n. 5, p. 412-415, 2010.

NURZYNSKA-WIERDAK, R.; DZIDA, K. Influence of plant density and term of harvest on yield and chemical composition of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). **Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus**, v. 8, n. 1, p. 51-61, 2009.

OMER, E. A. et al. Response of basil essential oil to cultivation date and organic fertilization. **International Journal of PharmTech Research**, v. 9, n. 5, p. 86-98, 2016.

PEREIRA, R.; SANTOS, O. G. **Plantas condimentares: cultivo e utilização**. Embrapa Agroindústria Tropical (Documentos), n. 161, 55 p., 2013.

PINTO, J. E. B. P. et al. Aspectos morfofisiológicos e conteúdo de óleo essencial de plantas de alfazema-do-Brasil em função de níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 210-214, 2007.

ROBY, M. H. H. et al. Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 827-831, 2013.

SAID-AL AHL, H. A. H et al. Essential oil content and concentration of constituents of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) at different harvest dates. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 21, n. 5, p. 1410-1417, 2018.

SCHERER, M. M. C. et al. Wound healing activity of terpinolene and α -phellandrene by attenuating inflammation and oxidative stress in vitro. **Journal of Tissue Viability**, v. 28, n. 2, p. 94-99, 2019.

SELLAMI, I. H. et al. Effect of growth stage on the content and composition of essential oil and phenolic fraction of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 30, n.3, p. 395-402, 2009.

SHARIFI-RAD, M. et al. Carvacrol and human health: A comprehensive review. **Phytotherapy Research**, v. 32, n. 9, p. 1675-1687, 2018.

SOLIMAN, F. M. et al. Seasonal variation in the essential oil composition of *Origanum majorana* L. cultivated in Egypt. **Zeitschrift fur Naturforschung C**, v. 64, n. 9, p. 611-614, 2009.

SUNTRES, Z. E.; COCCIMIGLIO, J.; ALIPOUR, M. The bioactivity and toxicological actions of carvacrol. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 55, n. 3, p. 304-318, 2015.

ZAWIŚLAK, G. et al. Dependence on harvest date and yielding of marjoram (*Origanum majorana* L.) cv. Miraz cultivated from a seedling. **Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus**, v. 7, n. 2, p. 73-81, 2008.

ZAWIŚLAK, G.; DZIDA, K. Yield and quality of sweet marjoram herb depending on harvest time. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 9, n. 1, p. 65-72, 2010.

CAPÍTULO 6 – Produção e composição de óleo essencial de menta em estações do ano

RESUMO

A menta (*Mentha x piperita* L.) é uma espécie condimentar, medicinal e aromática, utilizada na preparação de alimentos e nas indústrias farmacêutica, cosmética e na medicina popular. O estágio fenológico e a estação do ano influenciam o teor e qualidade do óleo essencial. O objetivo desse trabalho foi determinar a estação do ano que proporcione maior produção e melhor qualidade de óleo essencial de menta em transplantes realizados no verão e no inverno. Foram realizados dois experimentos em sistema de cultivo fora do solo, em ambiente protegido, sendo o primeiro com transplante realizado no verão e o segundo com transplante realizado no inverno. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, sendo eles as estações do ano. Foram coletadas plantas a cada 30 dias, no período de 12 meses, e foram unidas amostras de folhas de três colheitas consecutivas cultivadas na mesma estação do ano. O óleo essencial foi extraído pelo método da hidrodestilação em aparelho de Clevenger durante duas horas, em triplicatas. Foram determinados o teor de óleo essencial (%) e o rendimento de óleo essencial (g planta⁻¹ e em ml planta⁻¹). A composição química do óleo foi determinada por cromatografia gasosa, em triplicatas. O teor de óleo essencial nos transplantes realizados no verão e inverno foi superior na estação verão (0,4780 e 0,4943%, respectivamente) e o rendimento de óleo essencial foi superior na primavera (0,9373 g planta⁻¹ e 1,1563 ml planta⁻¹; 0,5083 g planta⁻¹ e 0,6349 ml planta⁻¹, respectivamente), períodos de maior temperatura e radiação solar. Os componentes majoritários do óleo essencial variaram entre as épocas de transplante e as estações do ano. Na primeira época de transplante os componentes majoritários foram a mentona, isomentona e pulegona em todas as estações. Na segunda época de transplante foram a mentona, mentofurano, isopulegona, pulegona e mentol. A mentona foi o único composto majoritário verificado em todos os tratamentos (14,63 a 51,22%). No outono foi verificada a pulegona em ambas épocas de transplante (18,93 e 23,60%), assim como o mentol na estação do inverno (14,10 e 17,36%). O mentofurano é um composto hepatotóxico e reduz a qualidade do óleo essencial. A maior produção de óleo essencial de menta é obtida em colheitas realizadas no verão e na primavera. A melhor qualidade de óleo essencial é obtida no transplante no verão, pois o transplante no inverno favorece a produção do composto mentofurano, o qual reduz a qualidade do óleo essencial. O principal composto do óleo essencial de menta é a mentona em todas as estações do ano.

Palavras-chave: *Mentha x piperita* L. Mentona. Cultivo protegido.

ABSTRACT

Peppermint (*Mentha x piperita* L.) is an aromatic, spicy and medicinal species used in food preparation and in the pharmaceutical, cosmetic industries and folk medicine. The phenological stage and season influence the content and quality of the essential oil. The aim of this study was to determine the season that provides the highest production and best quality of peppermint essential oil in summer and winter transplants. Two experiments were performed in a soilless cultivation system, in a protected environment, the first with

transplantation performed in summer and the second with transplantation performed in winter. It was used a completely randomized design with four treatments, being the seasons of the year. Plants were collected every 30 days, in a period of 12 months, and the sample leaves of three consecutive crops grown at the same season were joined. The essential oil was extracted by hydrodistillation method in Clevenger's apparatus for two hours, in triplicate. The essential oil content (%) and the essential oil yield (g plant⁻¹ and in ml plant⁻¹) were determined. The chemical composition of the oil was determined by gas chromatography in triplicate. Essential oil content in summer and winter transplants was higher in summer season (0.4780 and 0.4943%, respectively) and essential oil yield was higher in spring (0.9373 g plant⁻¹ and 1.1563 ml plant⁻¹; 0.5083 g plant⁻¹ and 0.6349 ml plant⁻¹, respectively), periods of higher temperature and solar radiation. The major components of the essential oil varied between transplant times and seasons. In the first time of transplantation the major components were mentone, isomentone and pulegone in all seasons. In the second time of transplantation were mentone, mentofuran, isopulegone, pulegone and menthol. Mentone was the only major compound found in all treatments (14.63 to 51.22%). In the fall, pulegone was verified in both transplantation times (18.93 and 23.60%), as well as menthol in the winter season (14.10 and 17.36%). Mentofuran is a hepatotoxic compound and reduces the quality of the essential oil. The higher production of mint essential oil is obtained in summer and spring harvests. The best quality of essential oil is obtained in the summer transplant, because winter transplant favors the production of mentofuran compound, which reduces the quality of the essential oil. The main compound of peppermint essential oil is menthol in all seasons.

Key words: *Mentha x piperita* L. Menthone. Protected cultivation.

INTRODUÇÃO

A menta (*Mentha x piperita* L.), pertencente à família Lamiaceae, é uma espécie condimentar, medicinal, e aromática utilizada na preparação de alimentos e nas indústrias farmacêutica, cosmética e na medicina popular (CLEMENTE; HABER, 2013). Essas plantas possuem efeitos descongestionantes, anti-inflamatórios, analgésicos, anti-infecciosos, antimicrobianos, antissépticos, antiespasmódicos, adstringentes, digestórios, carminativos, fungicidas, vasoconstritores e gástricos (PEREIRA; SANTOS, 2013), as quais devem-se à presença de diferentes componentes nos óleos essenciais (ALI et al., 2015).

A propriedade antimicrobiana e antioxidante do óleo essencial de menta também torna a utilização dessa espécie viável no tratamento de infecções causadas pelo fungo *Candida albicans* e pela bactéria *Escherichia coli* (YADEGARINIA et al., 2006). A menta também pode ser utilizada no tratamento de infecções urinárias, devido suas propriedades antibacterianas (JOHNSON et al., 2011). Suas propriedades antifúngicas estão relacionadas à presença do composto pulegona no seu óleo essencial. Já sua atividade antioxidante deve-se à presença do óxido de piperitenona, permitindo que plantas do gênero *Mentha* sejam utilizadas no tratamento de distúrbios do trato gastrointestinal (BARROS et al., 2015).

Segundo Ali et al. (2015), os óleos essenciais de *M. x piperita* L. possuem como componentes mais comuns o mentol, carvacrol, carvone, acetato de metil, limoneno e mentona. No entanto, tanto o teor quanto a composição dos óleos essenciais de espécies do gênero *Mentha* são influenciados por diversos fatores, como espécie, cultivar, estações do ano, período de colheita, sistema de cultivo, idade da planta, entre outros (PAULUS et al., 2007; AKHTAR et al., 2009; VERMA et al., 2010; CHAGAS et al., 2011; SHIWAKOTI et al., 2015).

O momento ideal de colheita, visando maior quantidade de componentes de interesse no óleo essencial de plantas medicinais, pode ser influenciado por fatores como temperatura, fotoperíodo e intensidade de radiação solar (PINTO et al., 2007). Variações de temperatura alteram a produção de metabólitos secundários, como os componentes dos óleos essenciais, por meio de respostas adaptativas das plantas. A intensidade luminosa também pode influenciar o teor e qualidade dos essenciais das plantas medicinais (MORAIS, 2009).

A influência do período de colheita de plantas de *Mentha* sobre o rendimento de óleo essencial foi verificado por Deschamps et al. (2008) e Salim, Hassan e Khalid (2014), em que valores superiores foram observados no verão. Avaliando a produção de óleo essencial de *M. x piperita* L. cultivada sob malhas, Costa et al. (2012) verificaram melhores resultados em plantas cultivadas a pleno sol e sob malhas pretas, em relação a malhas vermelhas, o que pode indicar maior influência da qualidade da luz incidente do que da intensidade.

O período de plantio também possui influência no rendimento e teor de óleo essencial de *M. x piperita*, o que foi verificado por Akhtar et al. (2009) em estudo realizado em três estações (inverno, verão e monção), em que menores teores de óleo essencial foram encontrados no inverno e maiores teores na estação de monção (estação chuvosa), com valores intermediários no verão. Sharma et al. (2012) também verificaram a influência da data de transplante na produção de óleo essencial de *M. arvensis* L., em transplantes realizados em 15 de março, 30 de março e 15 de abril, primavera na região. A primeira época de transplante proporcionou maior rendimento de óleo essencial, devido as condições mais favoráveis para as plantas.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi determinar a estação do ano que proporcione maior produção e melhor qualidade de óleo essencial de menta em transplantes realizados no verão e no inverno.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos com menta foram conduzidos em sistema de cultivo fora do solo, em ambiente protegido do tipo abrigo de 115 m² (5×23 m), coberto com polietileno aditivado anti-UV de 150 µm de espessura, localizado no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria. O primeiro experimento foi instalado em 28 de dezembro de 2017 (transplante no verão) e conduzido até 23 de dezembro de 2018 e o segundo instalado em 28 de junho de 2018 (transplante no inverno) e conduzido até 23 de junho de 2019, ambos totalizando 12 meses.

Durante o período de cultivo, a temperatura do ar no interior do abrigo foi registrada por um *data logger* digital (resolução 0,1°C e exatidão 0,5°C), instalado em um abrigo meteorológico. A radiação solar foi registrada na estação meteorológica automática, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia - Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada a 300 m do ambiente de cultivo.

As mudas de menta (*Mentha x piperita* L.) utilizadas nos experimentos 1 (transplante no verão) e 2 (transplante no inverno) foram produzidas no mesmo local do experimento, utilizando plantas matrizes cultivadas em estufa, em cultivo fora do solo. Para isso, foram utilizadas estacas de quatro centímetros das ponteiros dos ramos das plantas, deixando-se duas folhas expandidas na extremidade, as quais foram colocadas em bandejas de isopor contendo substrato comercial. As bandejas com as mudas produzidas foram colocadas sobre uma bancada, dentro da estufa, com irrigação do tipo aspersão, onde permaneceram até a formação do sistema radicular dos torrões. No experimento 1, realizado no verão, o transplante das mudas foi realizado após 30 dias. Já as mudas produzidas no inverno (experimento 2), o transplante foi realizado após 45 dias.

Nos dois experimentos, as mudas foram transplantadas para vasos de polietileno de 3 dm³, de cor branca, preenchidos com substrato comercial *MecPlant* (composto de casca de Pinus, vermiculita, corretivo de acidez e macronutrientes), no dia 28 de dezembro de 2017 (experimento 1) e no dia 28 de junho de 2018 (experimento 2). Os vasos foram dispostos sobre bancadas de 1,10 m de largura e 4 m de comprimento e altura de 80 cm do piso de concreto. Foram utilizadas duas bancadas em cada experimento. Em cada bancada foram acondicionados 44 vasos, resultando em 88 vasos e, conseqüentemente, 88 plantas em cada experimento. Para o experimento 1, em que havia grande volume de plantas desde os primeiros 30 dias após o transplante, foram utilizadas apenas 4 plantas, estando estas localizadas nas laterais das bancadas (APÊNDICE I). Para o experimento 2, em que as plantas

demoraram mais tempo para crescer após o transplante, foram utilizadas mais de 4 plantas, a fim de se obter um volume adequado de material para extração. As plantas utilizadas eram bordaduras presentes nas bancadas, sendo estas também colhidas a cada 30 dias, para manter a padronização dos experimentos (APÊNDICE J).

As irrigações e fertirrigações foram realizadas por gotejamento por meio de fitas gotejadoras, posicionadas na parte superior dos vasos, com um gotejador por planta. A solução nutritiva foi preparada e armazenada em caixas de polipropileno de 500 L e fornecida às plantas por meio de uma motobomba controlada por um programador horário. Foi utilizada solução nutritiva com a seguinte composição: 8,69 de NO_3^- ; 1,86 de NH_4^+ ; 4 de H_2PO_4^- ; 6 de K^+ ; 4 de Ca^{2+} ; 2 de Mg^{2+} e 2 de SO_4^- (em mmol L^{-1}). Os micronutrientes foram fornecidos nas concentrações de (em mg L^{-1}) 0,03 de Mo; 0,26 de B; 0,06 de Cu; 0,50 de Mn; 0,22 de Zn e 1,0 de Fe na forma quelatizada. Os macronutrientes foram fornecidos por meio de fertilizantes nitrato de potássio, fosfato de amônio monobásico, nitrato de cálcio-Calclinit e sulfato de magnésio. A condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva foi monitorada semanalmente e corrigida com adição de alíquotas de nova solução sempre que necessário, mantendo o valor em torno de $1,84 \text{ dS m}^{-1}$.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, sendo eles as estações do ano (verão, primavera, inverno e outono) em que as amostras foram coletadas. Para determinação do teor e composição do óleo essencial de menta, em cada experimento, foram coletadas plantas a cada 30 dias, resultando em 12 colheitas em cada experimento. As colheitas foram realizadas a uma altura de sete cm da base da planta, a fim de permitir o rebrote dos ramos, dessa forma, as plantas foram colhidas sempre no mesmo estágio fenológico. O material coletado foi separado em folhas e ramos, sendo as folhas condicionadas em sacos plásticos e armazenados em congelador para posterior extração e análise. Para verificação da produção de óleo por estações do ano, foram unidas as amostras de 3 colheitas consecutivas, cultivadas na mesma estação do ano. Por exemplo, as amostras coletas nos meses de janeiro, fevereiro e março correspondem a estação de verão.

A extração do óleo essencial das folhas de menta foi realizada pelo método da hidrodestilação em um aparelho de Clevenger, em triplicatas, durante duas horas (APÊNDICE Q). Foram utilizadas 100 gramas de folhas frescas, em balão de 2 L contendo 1,250 L de água destilada. Foram determinados o teor de óleo essencial (%), o rendimento de óleo (g planta^{-1}) e o rendimento de óleo (ml planta^{-1}) pelas equações a seguir:

$$T (\%) = \frac{P}{MA} * 100$$

$$R \text{ (g planta}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{MFF planta}^{-1} * P)}{\text{MA}}$$

$$R \text{ (ml planta}^{-1}\text{)} = \frac{(\text{MFF planta}^{-1} * Q)}{\text{MA}}$$

Em que: T (%) = teor de óleo em porcentagem; P = peso do óleo em gramas; MA: massa da amostra em gramas; R = rendimento de óleo; MFF planta-1 = valor médio de massa fresca de folhas por planta; Q = quantidade de óleo em mililitros. Os valores de teor, em %, e rendimento, em g planta-1 e em ml planta-1, de cada repetição foram utilizados na análise de variância e testes de comparação de médias.

A composição química do óleo essencial foi realizada no Laboratório de Extrativos Vegetais (LABEVE), por meio de cromatógrafo gasoso. A identificação dos compostos foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS) em triplicatas, utilizando um sistema hifenado Agilent 7890A, equipado com um detector seletivo de massas série 5975C. Parâmetros de análise: modo de injeção Split (1:50, v/v); gás carreador: He (fluxo de 1,0 ml/ min); coluna capilar de sílica fundida DB5-MS (5% fenilmetilsiloxano, 30 m × 0,25 mm, espessura do filme: 0,25 µm); e energia de ionização: 70 eV. O hélio foi usado como gás de arraste em uma taxa de vazão de 1,0 ml/min, com temperatura do injetor, detector e interface ajustado em 250 °C e a temperatura auxiliar ajustada em 280 °C. A temperatura do forno foi mantida a 40 °C por 4 min e aumentada para 320 °C a uma taxa de 4 °C/ min.

Os componentes do óleo essencial foram identificados com base nos índices de retenção de Kovats (IK), determinados por meio da utilização de uma curva de calibração de uma série homóloga de *n*-alcanos (C8-C40), comparados aos dados de espectros de massas da literatura e ao banco de dados do espectro do equipamento (ADAMS, 2001; NIST, 2008). A quantificação dos componentes foi obtida por cromatografia gasosa com detector de ionização de chama (CG-FID), realizada em um cromatógrafo Agilent 7890^a e os parâmetros de análises equivalem aos citados anteriormente, por análise GC-MS, exceto para a injeção pelo modo splitless e a temperatura do injetor e do detector: 300 °C.

Para cada variável (teor e rendimentos de óleo essencial) foi verificada a normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias residuais pelo teste de Bartlett. Foi realizada a análise de variância, seguida do teste de Scott-Knott para comparação das médias. As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos softwares Action (ESTATCAMP, 2014) e SISVAR 5.7 (Ferreira, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor e rendimento de óleo essencial de menta, no transplante realizado no verão demonstraram diferenças significativas entre as estações do ano (Tabela 6-1). O teor de óleo essencial foi superior na colheita realizada no verão (0,4780%), seguido da primavera (0,4053%), outono (0,3447%) e inverno (0,1810%). Já o rendimento de óleo essencial foi superior na primavera (0,9373 g planta⁻¹ e 1,1563 ml planta⁻¹), com 0,7530 g planta⁻¹ e 0,9189 ml planta⁻¹ no verão, 0,2905 g planta⁻¹ e 0,3372 ml planta⁻¹ no outono e apenas 0,1880 g planta⁻¹ e 0,2424 ml planta⁻¹ no inverno. O rendimento leva em consideração a massa de matéria fresca de folhas das plantas, não apenas o peso da amostra e o peso do óleo essencial extraído, como ocorre com o teor de óleo. Além disso, o rendimento de óleo é diretamente proporcional à massa de matéria fresca das plantas, assim, pode-se perceber que a maior massa verificada na primavera em relação ao verão, influencia no valor final, embora o teor de óleo tenha sido um pouco inferior.

Tabela 6-1 – Teor e rendimento de óleo essencial de *Mentha x piperita* L. nas estações do ano no transplante realizado no verão.

Estação	Teor de óleo (%)	Rendimento de óleo (g planta ⁻¹)	Rendimento de óleo (ml planta ⁻¹)
Verão	0,4780 a	0,7530 b	0,9189 b
Outono	0,3447 c	0,2905 c	0,3372 c
Inverno	0,1810 d	0,1880 d	0,2424 d
Primavera	0,4053 b	0,9373 a	1,1563 a
CV%	7,78	7,20	9,35

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para o transplante realizado no inverno, os teores e rendimento de óleo essencial de menta também apresentaram diferenças significativas entre as estações do ano (Tabela 6-2). O maior teor de óleo essencial foi verificado no verão (0,4943%), seguido da primavera (0,4137%). O teor de óleo no outono foi de 0,2267% e no inverno de (0,1687%), sendo similares. O rendimento de óleo essencial foi superior na primavera (0,5083 g planta⁻¹ e 0,6349 ml planta⁻¹), o que ocorre devido à alta produção de massa de matéria fresca de folhas por planta nessa estação. O rendimento no verão (0,3228 g planta⁻¹ e 0,3701 ml planta⁻¹) foi

intermediário. Já nas estações de outono (0,0947 g planta⁻¹ e 0,1254 ml planta⁻¹) e inverno (0,0869 g planta⁻¹ e 0,1031 ml planta⁻¹) foram inferiores aos demais.

Em estudo realizado com espécies de menta, Deschamps et al. (2008), verificaram maiores rendimentos médios na colheita realizada no verão (0,348%), em comparação aos rendimentos obtidos na colheita realizada no inverno (0,177%). Os autores atribuem esses resultados às diferentes condições climáticas dos períodos, principalmente a temperatura do ar e radiação solar, que foram superiores no verão e afirmam que a redução na biossíntese de óleo essencial no inverno deve-se ao possível desvio das rotas metabólicas, priorizando a manutenção e sobrevivência das plantas em condições adversas em detrimento da produção de óleo. O mesmo foi verificado por Salim, Hassan e Khalid (2014) em plantas de *M. spicata* var. *Viridis*, com teor de óleo essencial superior no verão (0,64 a 0,69%) quando comparado com outono (0,63%) e inverno (0,44 a 0,50%).

Tabela 6-2 – Teor e rendimento de óleo essencial de *Mentha x piperita* L. nas estações do ano no transplante realizado no inverno.

Estação	Teor de óleo (%)	Rendimento de óleo (g planta ⁻¹)	Rendimento de óleo (ml planta ⁻¹)
Verão	0,4943 a	0,3228 b	0,3701 b
Outono	0,2267 c	0,0947 c	0,1254 c
Inverno	0,1687 c	0,0869 c	0,1031 c
Primavera	0,4137 b	0,5083 a	0,6349 a
CV%	10,20	11,44	6,52

Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Outros autores verificaram a influência da estação do ano sobre o teor de óleo essencial de menta. Akhtar et al. (2009) avaliaram o rendimento e teor de óleo essencial de *M. piperita* em Bangladesh, nas estações de inverno, verão e estação das monções (estação chuvosa), verificando menores teores de óleo essencial no inverno (0,22-0,28%), teor intermediário no verão (0,30-0,50%) e teores superiores na estação de monção (0,42-0,50%). Deschamps et al. (2008), verificaram o rendimento de óleo essencial (%) de espécies de *Mentha* em duas estações do ano, encontrando valores médios superiores no verão (0,348%) em relação ao inverno (0,177%). Em estudo realizado por Zheljzakov et al. (2010) com espécies de *Mentha* verificaram maior teor de óleo essencial na colheita realizada no início de

agosto seguido do final de agosto (final do verão). O menor teor foi obtido na colheita realizada em junho (início do verão).

Avaliando a produção de óleo essencial de *M. piperita* L. em duas épocas de colheita, julho e outubro, no Irã, Machiani et al. (2018) verificaram maior rendimento de óleo essencial (g m^{-2}) na colheita realizada em julho, período de temperaturas mais elevadas e menor precipitação. Dessa forma, os autores verificaram a influência das condições climáticas no período da colheita. Já Verma et al. (2010) avaliaram diferentes cultivares de *M. arvensis* (plantadas em março) e *M. piperita* (plantada em janeiro) em função do período de colheita das folhas, na Índia. Os autores verificaram influência das cultivares e idade da planta no teor de óleo essencial, com valores variando de 0,26 a 1,2% para *M. arvensis* e 0,17 a 0,60% para *M. piperita*. Os resultados assemelham-se aos verificados no presente estudo em que o teor de óleo variou de 0,16 a 0,49%. Em outros estudos realizados com espécies de menta foram observados teores de óleo essencial superiores aos verificados no presente estudo. Paulus et al. (2007) e Paulus et al. (2008), verificaram o teor de óleo essencial de *M. arvensis* L. colhidas na primavera, em sistema hidropônico e cultivo a campo, obtendo valores de $0,76 \text{ g planta}^{-1}$ e $0,65 \text{ g planta}^{-1}$ e $0,60 \text{ g planta}^{-1}$ e $0,53 \text{ g planta}^{-1}$, respectivamente.

O rendimento de óleo foi superior no transplante realizado no verão em todas as estações do ano, assim como o teor de óleo nas estações da primavera e verão. O teor de óleo essencial nas estações do verão e primavera também foram superiores no transplante realizado no inverno. Em ambas as épocas de transplante, a colheita de menta no verão resultou em teores de óleo essencial superiores, assim como o rendimento de óleo na primavera. Nessas estações ocorreram as maiores temperaturas e radiação solar no interior da estufa onde as plantas eram cultivadas, nos anos de 2018 e 2019 (Figuras 6-1 e 6-2).

A influência da temperatura e radiação fotossinteticamente ativa sobre a produção de óleo essencial também foi verificada por Oliveira et al. (2012) em estudo realizado com a espécie *M. x piperita* var *citrata*, em que o maior teor (1,33%) foi obtido no horário de maior temperatura e radiação solar. Avaliando a produção de óleo essencial de *M. piperita* L. cultivada sob malhas, Costa et al. (2012) verificaram melhores resultados em plantas cultivadas a pleno sol ($0,088 \text{ ml planta}^{-1}$) e sob malhas pretas ($0,090 \text{ ml planta}^{-1}$) e vermelhas ($0,073 \text{ ml planta}^{-1}$), o que pode indicar maior influência da qualidade da luz incidente do que da intensidade.

Figura 6-1 – Temperatura média do ar (°C) no interior da estufa nas estações do ano, no período de dezembro de 2017 a junho de 2019.

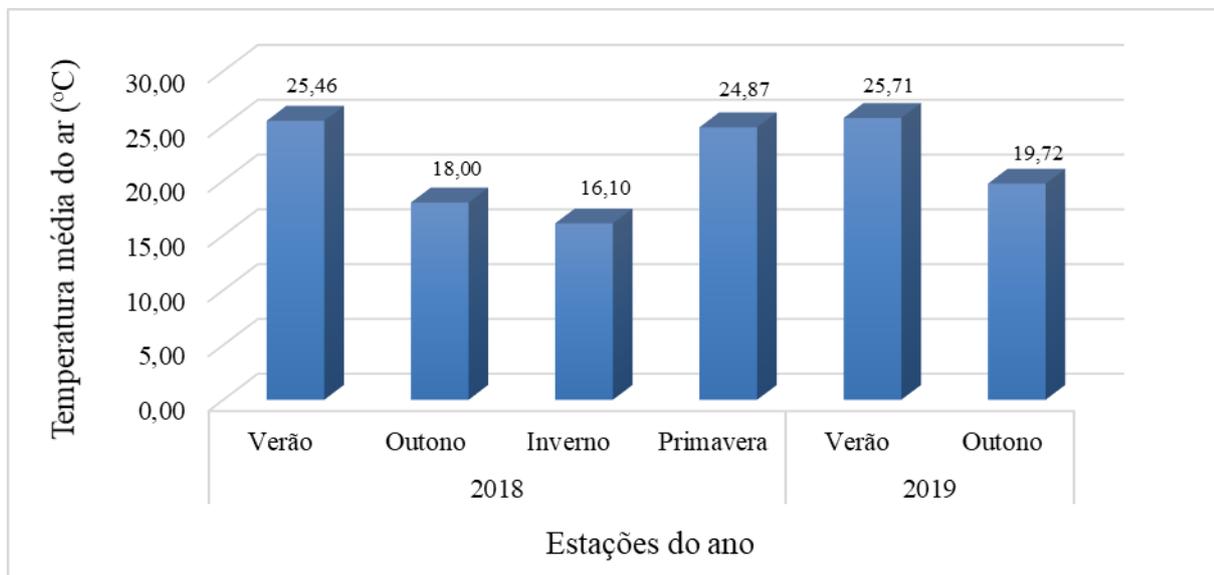
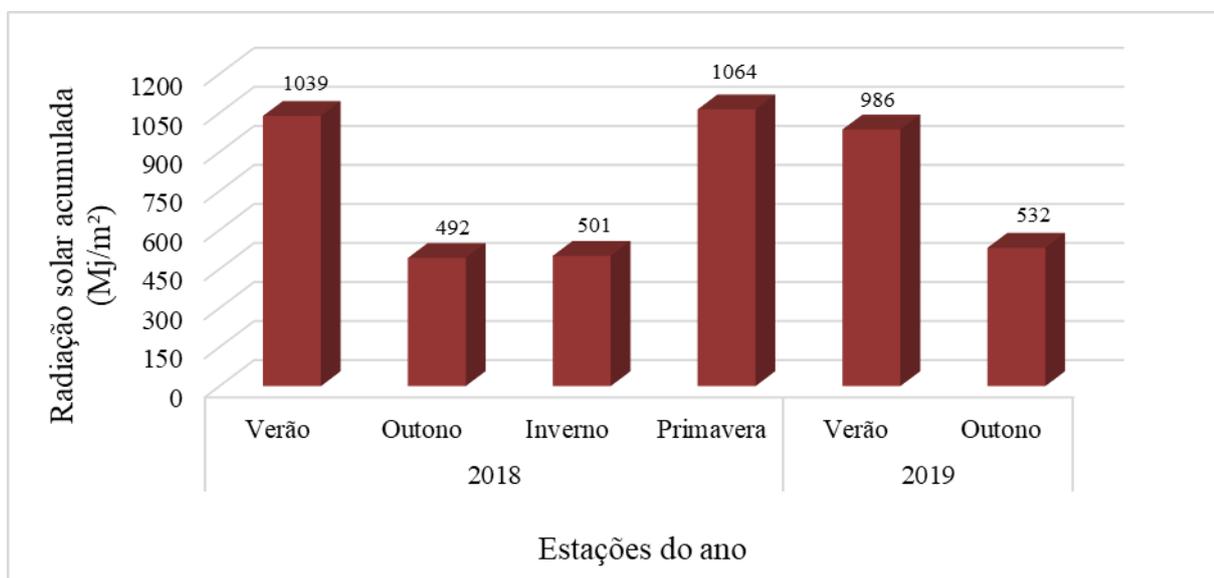


Figura 6-2 – Radiação solar acumulada (Mj/m²) no interior da estufa nas estações do ano, no período de dezembro de 2017 a junho de 2019.



A estação do ano demonstrou influência sobre o teor de óleo essencial de menta, o que não foi verificado em relação à época de transplante, visto que os valores foram similares nas duas épocas. No entanto, a época de transplante demonstrou influência sobre o rendimento de óleo, o qual foi inferior no transplante realizado no inverno em relação ao realizado no verão, com exceção da estação do outono. Isso ocorre porque o rendimento depende, não apenas da

quantidade de óleo por amostra, como também da massa de matéria fresca de folhas por planta, a qual, por sua vez, é influenciada pela época de transplante, tendo sido inferior no transplante realizado no inverno.

A influência da época do transplante sobre o teor e rendimento de óleo essencial de menta também foi verificada por Desai et al. (2018), em plantas de *M. arvensis* L. com plantio realizado nas datas de 1º de outubro, 1º de novembro e 1º de dezembro, correspondente ao outono na região. O plantio em 1º de novembro é mais favorável para obtenção de maior teor e rendimento de óleo essencial de *M. arvensis* L (1,09% e 80,08 kg ha⁻¹) em relação a 1º de outubro (0,75% e 38,61 kg ha⁻¹) e 1º de dezembro (0,79% e 54,12 kg ha⁻¹). Em estudo similar, realizado com a mesma espécie e região, em outra época do ano, Desai et al. (2019) realizaram os plantios em 5 de julho, 20 de julho e 5 de agosto, em que o plantio em 5 de julho favoreceu a produção de óleo essencial e o teor de mentol de menta. Os autores atribuem os resultados às condições climáticas favoráveis do período de crescimento (cerca de 25 °C) Sharma et al. (2012) também verificaram a influência da data de transplante na produção de óleo essencial de *M. arvensis* L. em transplantes realizados em 15 de março, 30 de março e 15 de abril, primavera na região. A terceira época de transplante proporcionou maior teor de óleo essencial (0,7%) em relação às demais (0,6%). No entanto, o rendimento de óleo essencial foi superior na primeira época (137 kg ha⁻¹) em relação à segunda (127 kg ha⁻¹) e terceira época (117,3 kg ha⁻¹).

Em outro estudo realizado com *M. arvensis* L., na Índia, Brar et al. (2014), verificaram o efeito de datas de plantio (1º de janeiro, 15 de janeiro, 1º de fevereiro e 15 de fevereiro) no rendimento de óleo essencial, o qual foi superior no plantio mais tardio (15 de fevereiro), período de maior temperatura. Resultado similar foi verificado por Brar, Gill e Brar (2015), avaliando quatro datas de plantio (1º de janeiro, 15 de janeiro, 30 janeiro e 15 de fevereiro) de *M. arvensis*, na Índia, com produção superior de óleo essencial no plantio mais tardio (15 de fevereiro) e por Chauhan et al. (2012), avaliando seis datas de plantio (20 de dezembro, 4 de janeiro, 19 de janeiro, 3 de fevereiro, 18 de fevereiro e 4 de março) de *M. arvensis*, com rendimento superior de óleo essencial no plantio realizado em 18 de fevereiro.

Os componentes do óleo essencial de menta, no transplante realizado no verão, foram distintos entre as estações do ano (Tabela 6-3). Na primavera foram identificados compostos que não foram verificados nas outras estações do ano. Os componentes majoritários (mais de 75%) encontrados na estação do verão foram a mentona (38,25%), a isomentona (31%) e a pulegona (14,10%). Na estação do outono foram a isomentona (24,90%), o mentol (24,20%), a mentona (23,03%) e a pulegona (18,93%). No inverno os componentes foram a mentona

(38,25%), a isomentona (31,00%) e o mentol (14,10%). Na primavera os componentes majoritários foram a mentona (51,22%), o mentol (17,20%) e a isomentona (14,98%).

Tabela 6-3 – Composição química do óleo essencial de *Mentha x piperita* L., em %, nas estações do ano no transplante realizado no verão.

IK*	Componentes	Estação do ano			
		Verão	Outono	Inverno	Primavera
965	β -Pino	-	-	-	0,11 \pm 0,00**
979	Sabineno	-	-	-	0,17 \pm 0,00
987	n-3-Octanol	-	-	-	0,30 \pm 0,00
1005	α -Felandreno	-	-	-	0,20 \pm 0,00
1017	Limoneno	0,49 \pm 0,00	-	0,49 \pm 0,00	0,21 \pm 0,00
1019	1-8 cineol	4,09 \pm 0,02	-	4,09 \pm 0,02	1,25 \pm 0,00
1047	γ -Terpineno	-	-	-	0,41 \pm 0,00
1058	Hidróxido de cis-sabineno	0,87 \pm 0,01	0,94 \pm 0,01	0,87 \pm 0,01	0,92 \pm 0,00
1088	α -Terpinoleno	0,28 \pm 0,00	0,54 \pm 0,00	-	0,57 \pm 0,00
1144	Mentona	38,25 \pm 0,22	23,03 \pm 0,13	38,25 \pm 0,22	51,22 \pm 0,29
1150	Isomentona	31,00 \pm 0,18	24,90 \pm 0,14	31,00 \pm 0,18	14,98 \pm 0,10
1157	Mentofurano	2,03 \pm 0,01	3,63 \pm 0,02	2,03 \pm 0,01	2,23 \pm 0,01
1165	Mentol	2,03 \pm 0,08	24,20 \pm 0,14	14,10 \pm 0,08	17,20 \pm 0,10
1224	Pulegona	14,10 \pm 0,04	18,93 \pm 0,11	7,47 \pm 0,04	5,97 \pm 0,04
1240	Piperitona	-	-	-	0,73 \pm 0,00
1276	Acetato de mentila	1,35 \pm 0,01	3,08 \pm 0,02	1,41 \pm 0,01	2,02 \pm 0,01
1404	Cariofileno	-	-	-	0,82 \pm 0,00
1465	Germacreno-D	-	-	-	0,35 \pm 0,00

* IK= Índice de Kovats. ** Média de três injeções \pm o desvio padrão. Símbolo “-” indica que o componente não foi verificado nessa estação.

Os componentes majoritários verificados no verão e outono foram similares, com pequenas diferenças na porcentagem de cada um, sendo eles a mentona, isomentona e pulegona, além do mentol no outono. Nas estações inverno e primavera os componentes majoritários foram os mesmos, porém com diferenças expressivas no teor, sendo eles a mentona, a isomentona e o mentol. Com exceção do outono, em que o componente encontrado em maior quantidade foi a isomentona, as demais estações apresentaram como componente principal a mentona. A concentração de mentol foi elevada nas estações outono, inverno e primavera e pouco significativa no verão.

No transplante realizado no inverno foram verificadas diferenças nos componentes majoritários em relação ao transplante realizado no verão (Tabela 6-4). Na estação do verão, os componentes majoritários foram a mentona (31,85%), o mentofurano (25,83%), a isopulegona (15,60%) e o mentol (13,32%). No outono os componentes foram mentofurano (48,01%), pulegona (23,60%) e mentona (14,63%). No inverno os componentes foram mentona (42,67%), mentofurano (22,95%) e mentol (18,77%). Na primavera os componentes majoritários foram a mentona (44,51%), a isopulegona (22,79%) e o mentofurano (13,91%). Os componentes majoritários do óleo essencial de menta nessa época de transplante foram similares no verão e na primavera, com exceção do mentol no verão. O composto pulegona teve alta concentração no outono e o mentol no inverno. Todas as estações apresentaram a mentona e o mentofurano como componentes majoritários do óleo essencial de menta.

Comparando-se cada estação do ano nas duas épocas de transplante, é possível verificar diferenças expressivas entre elas. A mentona foi o único composto verificado como majoritário em todos os tratamentos. No outono também foi verificada a pulegona como componente majoritário de ambas épocas de transplante, assim como o mentol na estação do inverno. No verão e na primavera os demais compostos foram distintos entre as épocas de transplante, demonstrando sua influência sobre a composição do óleo essencial de menta.

Em estudo realizado com quatro espécies de menta, Hussain et al. (2010) verificaram a variação sazonal no teor e composição química dos óleos essenciais das folhas, sendo a *M. piperita* a que apresentou maior teor de óleo essencial no verão (12,2 g kg⁻¹) em relação ao inverno (10,5 g kg⁻¹). Os componentes majoritários no verão foram a mentona (28,13%), acetato de mentila (9,51%), limoneno (7,58%), neoisomentol (6,53%), beta-pineno (5,70%), mentol (4,83%), pulegona (4,42%), isomentona (4,04%), beta-cariofileno (3,55%) e alfa-pineno (3,53%). Os componentes majoritários no inverno foram a mentona (25,54%), acetato de mentila (9,68%), limoneno (7,73%), isomentona (7,63%), pulegona (6,42%), alfa-terpineol (6,13%), beta-pineno (4,30%), mentol (3,31%), gama-terpineol (2,61%) e beta-cariofileno (2,55%). O principal componente, a mentona, foi superior no verão, assim como o beta-pineno, beta-cariofileno, já isomentona e pulegona foram superiores no inverno.

Em outro estudo, Feiria et al. (2016) verificaram menor teor de óleo essencial de *M. piperita* no período do inverno, sendo os componentes majoritários o mentol, mentofurano, mentona e acetato de isobornila, com grande variação mensal, sem um padrão por estação do ano. O mentol foi componente majoritário em quase todos os meses, exceto dezembro, sendo o principal em quase todos os meses, exceto dezembro e julho. O acetato de isobornil esteve em quase todos os meses, exceto fevereiro, abril e setembro. O mentofurano só não foi

majoritário nos meses de março, outubro e novembro. O componente alfa-terpineol foi componente majoritário apenas em dezembro e a piperitona em março.

Tabela 6-4 – Composição química do óleo essencial de *Mentha x piperita* L., em %, nas estações do ano no transplante realizado no inverno.

IK*	Componentes	Estação do ano			
		Verão	Outono	Inverno	Primavera
922	α -Pino	0,85 \pm 0,00**	0,26 \pm 0,00	0,43 \pm 0,00	0,27 \pm 0,00
961	β -Tujeno	1,80 \pm 0,01	0,29 \pm 0,00	0,99 \pm 0,00	0,71 \pm 0,01
965	β -Pino	0,48 \pm 0,00	0,17 \pm 0,00	0,44 \pm 0,00	0,29 \pm 0,00
971	Sabineno	-	-	0,22 \pm 0,00	-
979	n-3-Octanol	6,19 \pm 0,04	1,67 \pm 0,01	0,19 \pm 0,00	0,23 \pm 0,00
1005	α -Felandreno	0,36 \pm 0,00	-	-	3,53 \pm 0,02
1018	Limoneno	0,74 \pm 0,00	0,14 \pm 0,00	4,29 \pm 0,02	0,30 \pm 0,00
1020	1,8-Cineol	0,14 \pm 0,00	0,72 \pm 0,00	0,36 \pm 0,00	0,70 \pm 0,00
1047	γ -Terpineno	0,24 \pm 0,00	-	0,45 \pm 0,00	0,13 \pm 0,00
1059	Hidróxido de cis-sabineno	0,18 \pm 0,00	0,12 \pm 0,00	0,15 \pm 0,00	0,36 \pm 0,00
1088	α -Terpinoleno	-	-	-	0,13 \pm 0,00
1138	trans-2-Mentenol	-	0,16 \pm 0,00	-	-
1144	Mentona	31,85 \pm 0,23	14,63 \pm 0,08	42,67 \pm 0,25	44,51 \pm 0,31
1151	Mentofurano	25,83 \pm 0,18	48,01 \pm 0,28	22,95 \pm 0,13	13,91 \pm 0,08
1158	Mentol	13,32 \pm 0,09	8,51 \pm 0,05	18,77 \pm 0,01	7,51 \pm 0,01
1163	Isopulegona	15,60 \pm 0,11	-	0,49 \pm 0,00	22,79 \pm 0,16
1176	Neoisomentol	1,63 \pm 0,01	-	0,27 \pm 0,00	0,752 \pm 0,01
1224	Pulegona	1,00 \pm 0,01	23,60 \pm 0,14	5,54 \pm 0,03	1,66 \pm 0,01
1240	Piperitona	-	-	-	0,80 \pm 0,00
1276	Acetato de mentila	0,39 \pm 0,00	0,96 \pm 0,01	1,02 \pm 0,00	0,41 \pm 0,00
1404	Cariofileno	0,31 \pm 0,00	0,46 \pm 0,00	0,49 \pm 0,00	0,59 \pm 0,00
1465	Germacreno-D	0,31 \pm 0,00	0,43 \pm 0,00	0,27 \pm 0,00	0,55 \pm 0,00
1576	Germacreno-B	-	-	-	0,73 \pm 0,00

* IK= Índice de Kovats. ** Média de três injeções \pm o desvio padrão. Símbolo “-” indica que o componente não foi verificado nessa estação.

A variação sazonal no rendimento e composição do óleo essencial de genótipos de menta colhidos em duas épocas (fevereiro - verão e maio -outono) foi verificada por Santos et al. (2012). O teor e rendimento de óleo essencial do genótipo referente à espécie *M. piperita* foi mais elevado em fevereiro (2,9% e 67,4 L ha⁻¹) em relação a maio (2,2% e 11,4 L ha⁻¹). Os componentes foram similares, com algumas diferenças de quantidade. Em fevereiro foram

mentol (42,6%), mentona (29,9%), neomentol (10,9%), 1,8-cineol (3,80%), pulegona (3,39%), acetato de mentila (1,52%) e limoneno (0,50%). Em maio foram mentol (48,44%), mentona (11,56%), neomentol (10,41%), acetato de mentilac (9,80%), pulegona (3,59%), 1,8-cineol (2,69%) e limoneno (0,92%).

Verificando os compostos e a atividade antimicrobiana de óleos essenciais de *M. piperita*, Valeriano et al. (2012) identificaram como principais compostos o mentol (32,33%), neoiso-mentol (28, 12%), mentona (20,95%) acetato de mentila (6,65%) e iso-mentona (4,82%). Foi constatada alta atividade antibacteriana do óleo essencial de *M. piperita* frente à *Escherichia coli*, seguido de atividade moderada para *Salmonella entérica* Enteritidis e *Enterobacter sakazakii* e baixa atividade para *Listeria monocytogenes*. Segundo os autores, essas propriedades permitem que os óleos essenciais de menta sejam utilizados como antimicrobianos na indústria de alimentos.

Compostos como o mentol e a mentona como componentes majoritários do óleo essencial de menta, exibem características antimicrobianas, especialmente contra bactérias, leveduras e fungos, especialmente *Candida albicans*, possuindo potencial de uso como antimicrobiano natural, permitindo a redução de doses de antibióticos (MAHBOUBI; KAZEMPOUR, 2014). Estudos realizados com ratos verificaram que esses dois compostos também possuem propriedades anti-inflamatória contra infecções por esquistossomo (*Schistosoma mansoni*), demonstrando potencial para utilização como medicamento (ZAIA et al, 2016). Além dessas propriedades, o mentol possui efeito analgésico, emitindo uma sensação de frescor quando mastigado, inalado ou aplicado na pele. Esse composto existe em diversas formas, como L-mentol, o qual permite o aumento da penetração de outros compostos na pele, sendo normalmente associado a outro analgésico anti-inflamatório (LHEZ; PAPPANO; DEBATTISTA, 2010; KAMATOU et al, 2013).

Na análise da composição química do óleo essencial de espécies de menta, foram verificados como componentes majoritários de *M. piperita* (“chocolate mint”) o mentofurano (23,70%), mentona (17,27%), p-neoisomentol (14,35%), pulegona (10,74%) e acetato de iso-metila (6,37%). Para a espécie *M. piperita* (“grapefruit mint”) foram o acetato de linalila (51,35%) e o L-linalol (25,43%). Já para a espécie *M. piperita* (“peppermint”) foram D-carvona (49,27%) e limoneno (37,18%). Segundo os autores, a presença de pulegona está diretamente relacionada às propriedades antifúngicas da menta (BARROS et al., 2015). Outro componente majoritário verificado no óleo essencial de menta foi a isopulegona, a qual demonstrou bom potencial antioxidante em estudo realizado *in vitro*, reduzindo os radicais livres (SILVA et al., 2012).

Ao estudar a variação sazonal na composição química dos óleos essenciais de espécies de *Mentha*, Hussain et al. (2010) verificaram evidente atividade antimicrobiana, permitindo a utilização desses óleos essenciais em terapias farmacêuticas e naturais para o tratamento de doenças infeccionados em seres humanos e plantas, além do uso para a preservação de alimentos processados. Hu et al. (2015) verificaram que o mentol e a isomentona, que é um isômero da mentona, possuem efeitos coloréticos, ou seja, a capacidade de aumentar a secreção biliar. O mentol também diminui o nível de colesterol total e aumenta o nível total de ácidos biliares.

O mentofurano, composto majoritário com alto teor obtido no óleo essencial de menta no transplante realizado no inverno, é considerado uma substância hepatotóxica (AITA et al., 2009), a qual reduz a qualidade do óleo essencial. Esse composto é produzido em condições de baixa radiação solar (BEHN et al., 2010). Dessa forma, não é recomendado realizar o transplante das mudas no inverno.

CONCLUSÕES

A maior produção de óleo essencial de menta é obtida em colheitas realizadas no verão e na primavera. A melhor qualidade de óleo essencial é obtida no transplante no verão, pois o transplante no inverno favorece a produção do composto mentofurano, o qual reduz a qualidade do óleo essencial. O principal composto do óleo essencial de menta é a mentona em todas as estações do ano.

REFERÊNCIAS

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy**. Illinois: Allured Publishing Corporation, 2001. 456p.

AITA, A. M. et al. Espécies medicinais comercializadas como “quebra-pedras” em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, n. 2, p. 471-477, 2009.

AKHTAR, N. et al. Effect of planting time and micronutrient as zinc chloride on the growth, yield and oil content of *Mentha piperita*. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 44, n. 1, p. 125-130, 2009.

ALI, B. et al. Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 5, n. 8, p. 601-611, 2015.

BARROS, A. S. et al. Chemical composition and functional properties of essential oils from *Mentha* species. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 557-564, 2015.

BEHN, H. et al. Ultraviolet-B and photosynthetically active radiation interactively affect yield and pattern of monoterpenes in leaves of peppermint (*Mentha x piperita* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 12, p. 7361-7367, 2010.

BRAR, S. K. et al. Planting date and Straw mulch affect biomass yield, oil yield and oil quality of Japanese mint (*Mentha arvensis* L.) harvested at successive intervals. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 17, n. 4, p. 676-695, 2014.

BRAR, S. K.; GILL, B. S.; BRAR, A. S. Effect of date of planting and harvesting schedule on heat-unit accumulation and biomass production in Japanese mint (*Mentha arvensis*). **Indian Journal of Agronomy**, v. 60, n. 2, p. 324-327, 2015.

CHAGAS, J. H. et al. Produção de biomassa e teor de óleo essencial em função da idade e época de colheita em plantas de hortelã-japonesa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n.2, p. 327-334, 2011.

CHAUHAN, R. K. et al. Influence of different dates of planting on growth, herb, oil yield and quality of essential oil of menthol mint (*Mentha arvensis*) in the North Indian Plain. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 58, n. 2, p. 223-232, 2012.

CLEMENTE, F.; HABER, L. **Plantas aromáticas e condimentares: uso aplicado na horticultura**. Embrapa: Brasília, 2013. 152p.

COSTA, A. G. et al. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 534-540, 2012.

DESAI, S. et al. Effect of dates of planting on growth, yield and quality of menthol mint (*Mentha arvensis* L.) cultivars planted during *rabi* season. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 7, n. 9, p. 625-633, 2018.

DESAI, S. et al. Influence of different planting dates on growth, yield and quality of menthol mint (*Mentha arvensis* L.) cultivars during *kharif* season. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 8, n. 6, p. 468-478, 2019.

DESCHAMPS, C. et al. Avaliação sazonal do rendimento de óleo essencial em espécies de menta. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 725-730, 2008.

ESTATCAMP, E. **Software Action**. São Carlos: Estatcamp-Consultoria em estatística e qualidade, 2014.

FEIRIA, S. N. B. et al. Essential oil composition of *Mentha* spp. extracted seasonally and their effects against *Candida* yeast growth and biofilm formation. **Advancement in Medicinal Plant Research**, v. 4, n. 4, p. 106-129, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

HU, G. et al. Research on choleric effect of menthol, menthone, pluegone, isomenthone, and limonene in DanShu capsule. **International Immunopharmacology**, v. 24, n. 2, p. 191-197, 2015.

HUSSAIN, A. I. et al. Seasonal variation in content, chemical composition and antimicrobial and cytotoxic activities of essential oils from four *Mentha* species. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 90, n. 11, p. 1827-1836, 2010.

JOHNSON, M. et al. Antibacterial activity of leaves and inter-nodal callus extracts of *Mentha arvensis* L. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 4, n. 3, p. 196-200, 2011.

KAMATOU, G. P. P. et al. Menthol: a simple monoterpene with remarkable biological properties. **Phytochemistry**, v. 96, p. 15-25, 2013.

LHEZ, L.; PAPPANO, N. B.; DEBATTISTA, N. B. Estudio *ex vivo* de la liberación transdérmica de enalapril. **Avances en Ciencias e Ingeniería**, v. 1, n. 4, p. 41-47, 2010.

MACHIANI, M. A. et al. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 529-537, 2018.

MAHBOUBI, M.; KAZEMPOUR, N. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of peppermint (*Mentha piperita* L.) essential oil. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v. 36, n. 1, p. 83-87, 2014.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. S4050-S4063, 2009.

NIST, N. I. S. T. 2008. Mass spectral library (NIST/EPA/NIH), Gaithersburg, USA.

OLIVEIRA, A. R. M. F. et al. Determinação do tempo de hidrodestilação e do horário de colheita no óleo essencial de menta. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 155-159, 2012.

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

PAULUS, D. et al. Teor e qualidade de óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) produzida sob cultivo hidropônico e em solo. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 9, n. 2, p. 80-87, 2007.

PEREIRA, R.; SANTOS, O. G. **Plantas condimentares: cultivo e utilização**. Embrapa Agroindústria Tropical (Documentos), n. 161, 55 p., 2013.

PINTO, J. E. B. P. et al. Aspectos morfofisiológicos e conteúdo de óleo essencial de plantas de alfazema-do-Brasil em função de níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 210-214, 2007.

SALIM, E. A.; EL HASSAN, G. M.; KHALID, H. E. Effect of spacing and seasonal variation on growth parameters, yield and oil content of mint plants. **Journal of Forest Products & Industries**, v. 3, n. 2, p. 71-74, 2014.

SANTOS, V. M. C. S. et al. Seasonal variation of vegetative growth, essential oil yield and composition of menthol mint genotypes at southern Brazil. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 5, p. 790-798, 2012.

SHARMA, S. Effect of dates of transplanting on the growth and oil yield of *Mentha arvensis* L. **Scholarly Journal of Agricultural Science**, v. 2, n. 7, p. 130-132, 2012.

SILVA, O. A. et al. Evaluation of the antioxidant effects *in vitro* of the isopulegone. **Free Radicals and Antioxidants**, v. 2, n. 4, p. 50-55, 2012.

SHIWAKOTI, S. et al. Diurnal effects on *Mentha canadensis* oil concentration and composition at two different harvests. **HortScience**, v. 50, n. 1, p. 85-89, 2015.

VALERIANO, C. et al. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais em bactérias patogênicas de origem alimentar. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 1, p. 57-67, 2012.

VERMA, R. S. et al. Essential oil composition of menthol mint (*Mentha arvensis*) and peppermint (*Mentha piperita*) cultivars at different stages of plant growth from Kumaon Region of Western Himalaya. **Open Access Journal of Medicinal and Aromatic Plants**, v. 1, n. 1, p. 13-18, 2010.

YADEGARINIA, D. et al. Biochemical activities of Iranian *Mentha piperita* L. and *Myrtus communis* L. essential oils. **Phytochemistry**, v. 67, n. 12, p. 1249-1255, 2006.

ZAIA, M. G. et al. Anti-inflammatory properties of menthol and menthone in *Schistosoma mansoni* infection. **Frontiers in Pharmacology**, v. 7, n. 170, p.1-11, 2016.

ZHELJAZKOV, V. D. et al. Yield, content, and composition of peppermint and spearmints as a function of harvesting time and drying. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, n. 21, p. 11400-11407, 2010.

CAPÍTULO 7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de massa de matéria fresca de folhas de manjerona e menta, em cultivo fora do solo e ambiente protegido, é inferior em intervalos de colheita mais curtos e superior em intervalos mais longos, devido ao maior período de recuperação e rebrote das plantas. Para a manjerona, colheitas em intervalos de 60 dias em transplantes realizados no verão e em 72 dias em transplantes realizados no inverno são mais apropriadas para produção de fitomassa, pois tem-se maior produção acumulada no final do ciclo, sem prejuízo em termos de qualidade (APÊNDICE G). Para a menta, colheitas em intervalos de 60 dias em transplantes realizados no inverno são mais apropriadas para a produção de fitomassa de menta. Em transplantes realizados no verão pode-se optar por intervalos mais curtos, visto que a produção de fitomassa de folhas é similar entre os intervalos de colheita (APÊNDICE N).

O transplante realizado no verão favoreceu a produção de manjerona, pois as condições de temperatura e radiação permitem o rápido estabelecimento inicial das plantas. Já o transplante no inverno foi mais favorável para a produção de menta, pois essa espécie é mais vigorosa e se estabelece bem, mesmo com crescimento inicial mais lento.

A maior produção de óleo essencial de manjerona é obtida em colheitas realizadas no verão e na primavera em plantas transplantadas tanto no verão quanto no inverno. O carvacrol e o terpinoleno são os principais compostos majoritários do óleo essencial de manjerona em todas as estações do ano nos transplantes realizados no verão e no inverno. Esses compostos são responsáveis por diversas propriedades medicinais da manjerona, sendo importantes para as indústrias farmacêuticas e para seu uso medicinal.

A maior produção de óleo essencial de menta é obtida em colheitas realizadas no verão e na primavera. A melhor qualidade de óleo essencial é obtida no transplante no verão, pois o transplante no inverno favorece a produção do composto mentofurano, uma substância hepatotóxica que reduz a qualidade do óleo essencial. O principal composto do óleo essencial de menta é a mentona, componente majoritário em todas as estações do ano. Essa substância é responsável por diversas propriedades medicinais da menta, o que a torna de interesse das indústrias farmacêuticas e uso para fins medicinais.

Assim, é possível verificar a importância da época de transplante e colheita das plantas, assim como o manejo e escalonamento da produção de manjerona e menta, a fim de obter maior produtividade de fitomassa e de óleo essencial de alta qualidade nas condições climáticas de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

- AKHTAR, N. et al. Effect of planting time and micronutrient as zinc chloride on the growth, yield and oil content of *Mentha piperita*. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 44, n. 1, p. 125-130, 2009.
- ALI, B. et al. Essential oils used in aromatherapy: A systemic review. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 5, n. 8, p. 601-611, 2015.
- ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral: princípios e técnicas**. 2. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2013. p. 63-110.
- AZEVEDO, C. D.; MOURA, M. A. **Cultivo de plantas medicinais: guia prático**. Niterói: Programa Rio Rural (Manual técnico; 27), 2010.
- BARROS, A. S. et al. Chemical composition and functional properties of essential oils from *Mentha* species. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 557-564, 2015.
- BEZERRA, A. M. E. et al. Produção e composição química da macela em função da época de colheita. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 01, p. 26-29, 2008.
- BIASI, L. A. et al. Tipos de cobertura do solo e épocas de colheita na produção de melissa. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 3, p. 314-318, 2009.
- BLANK, 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.
- BLANK, A. F. et al. Produção de mudas, altura e intervalo de corte em melissa. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p.780-784, 2005.
- BRAR, S. K. et al. Planting date and Straw mulch affect biomass yield, oil yield and oil quality of Japanese mint (*Mentha arvensis* L.) harvested at successive intervals. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 17, n. 4, p. 676-695, 2014.
- CAMPOS, V. B. et al. Rendimento do pimentão submetido ao nitrogênio aplicado via água de irrigação em ambiente protegido. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 2, p. 72-79, 2008.
- CHAGAS, J. H. et al. Produção de biomassa e teor de óleo essencial em função da idade e época de colheita em plantas de hortelã-japonesa. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 327-334, 2011.
- CHAGAS, J. H. et al. Produção, teor e composição química do óleo essencial de hortelã-japonesa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 297-303, 2013.
- CLEMENTE, F.; HABER, L. **Plantas aromáticas e condimentares: uso aplicado na horticultura**. Brasília: Embrapa, 2013. 152 p.

CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. **Boas práticas agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares.** Emater, n. 88, 52 p., 2013.

COSTA, A. G. et al. Crescimento vegetativo e produção de óleo essencial de hortelã-pimenta cultivada sob malhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 4, p. 534-540, 2012.

COUTO, M. E. O. **Coleção de plantas medicinais, aromáticas e condimentares.** Embrapa Clima Temperado, 2006.

FIGUEIREDO, L. S. et al. Efeito da época de colheita na produção de fitomassa e rendimento de óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 11, n. 2, p. 154-158, 2009.

GARLET, T. M. B.; SANTOS, O. S. Solução nutritiva e composição mineral de três espécies de menta cultivadas no sistema hidropônico. **Ciência Rural**, v. 38, n. 5, p. 1233-1239, 2008.

GIMÉNEZ, G.; ANDRIOLO, J.; GODOI, R. Cultivo sem solo do morangueiro. **Ciência Rural**, v. 38, n. 1, p. 273-277, 2008.

JELALI, N. et al. Salinity effects on growth, essential oil yield and composition and phenolic compounds content of marjoram (*Origanum majorana* L.) leaves. **Journal of Food Biochemistry**, v. 35, n. 5, p. 1443-1450, 2011.

JOHNSON, M. et al. Antibacterial activity of leaves and inter-nodal callus extracts of *Mentha arvensis* L. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 4, n. 3, p. 196-200, 2011.

JOSHI, B.; LEKHAK, S.; SHARMA, A. Antibacterial property of different medicinal plants: *Ocimum sanctum*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Xanthoxylum armatum* and *Origanum majorana*. **Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology**, v. 5, n. 1, p. 143-150, 2009.

KUMAR, S.; WAHAB, N.; WARIKOO, R. Bioefficacy of *Mentha piperita* essential oil against dengue fever mosquito *Aedes aegypti* L. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v.1, n. 2, p. 85-88, 2011.

LAMONT, W. J. Overview of the use of high tunnels worldwide. **HortTechnology**, v. 19, n. 1, p. 25-29, 2009.

LEEJA, L.; THOPPIL, J. E. Antimicrobial activity of methanol extract of *Origanum majorana* L. (Sweet marjoram). **Journal of Environmental Biology**, v. 28, n. 1, p. 145, 2007.

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. G. Família Lamiaceae: importantes óleos essenciais com ação biológica e antioxidante. **Revista Fitos**, v. 3, n. 3, p. 14-24, 2013.

LOPES, R. C. et al. Influência de três regimes hídricos na produção de óleo essencial em sete acessos de *Polygonum punctatum* Ell. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 3, n. 2, p. 7-10, 2001.

MAIA, J. T. L. S. et al. Plantas medicinais em hidroponia: uma revisão de literatura. **Revista Bionorte**, v. 3, n. 1, p. 31-41, 2014.

MAY, A. et al. Influência do intervalo entre cortes sobre a produção de biomassa de duas espécies de capim limão. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 3, p. 379-382, 2008.

MAY, A. et al. Produção de biomassa e óleo essencial de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) em função da altura e intervalo entre cortes. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 2, p.195-200, 2010a.

MAY, A. et al. Produção de biomassa e óleo essencial de *Mentha citrata* em função do manejo cultural e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 3, p. 370-375, 2010b.

MEIRA, M. R.; MANGANOTTI, S. A.; MARTINS, E. R. Crescimento e produção de óleo essencial de *Melissa officinalis* L. nas condições climáticas de Montes Claros-MG. **Biotemas**, v. 24, n. 1, p. 1-8, 2011.

MIURA, A. K.; LÖWE, T. R.; SCHINESTSCCK, C. F. Comércio de plantas medicinais, condimentares e aromáticas por ervateiros da área central de Pelotas-RS: estudo etnobotânico preliminar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, p. 1025-1028, 2007.

MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. S4050-S4063, 2009.

MOSSA, A. T. H.; NAWWAR, G. A. M. Free radical scavenging and antiacetylcholinesterase activities of *Origanum majorana* L. essential oil. **Human & Experimental Toxicology**, v. 30, n. 10, p. 1501-1513, 2011.

NOGUEIRA, M. A.; DIAZ, G.; SAKUMO, L. Caracterização química e atividade biológica do óleo essencial de *Lippia alba* cultivada no Paraná. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 28, n. 3, p. 273-278, 2009.

OLIVEIRA, A. R. M. F. et al. Determinação do tempo de hidrodestilação e do horário de colheita no óleo essencial de menta. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 155-159, 2012.

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

PAULUS, D. et al. Teor e qualidade de óleo essencial de menta (*Mentha arvensis* L.) produzida sob cultivo hidropônico e em solo. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 9, n. 2, p. 80-87, 2007.

PEREIRA, R.; SANTOS, O. G. **Plantas condimentares: cultivo e utilização**. Embrapa Agroindústria Tropical (Documentos), n. 161, 55 p., 2013.

PINTO, J. E. B. P. et al. Aspectos morfofisiológicos e conteúdo de óleo essencial de plantas de alfazema-do-Brasil em função de níveis de sombreamento. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 210-214, 2007.

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

ROBY, M. H. H. et al. Evaluation of antioxidant activity, total phenols and phenolic compounds in thyme (*Thymus vulgaris* L.), sage (*Salvia officinalis* L.), and marjoram (*Origanum majorana* L.) extracts. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 827-831, 2013.

SABIR, N.; SINGH, B. Protected cultivation of vegetables in global arena: a review. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, v. 83, n. 2, p. 123-135, 2013.

SABRA, A. S. et al. Response of biomass development, essential oil, and composition of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. to irrigation frequency and harvest time. **Chemistry & Biodiversity**, v. 15, n. 3, p. e1800005, 2018.

SANTOS, L. L.; SEABRA JÚNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 83-93, 2010.

SANTOS, V. M. C. S. et al. Alternativas de propagação na produção de óleo essencial de *Mentha canadensis* L. no Litoral Norte Catarinense. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 14, n. 1, p. 97-102, 2012.

SELLAMI, I. H. et al. Effect of growth stage on the content and composition of essential oil and phenolic fraction of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). **Industrial Crops and Products**, v. 30, n.3, p. 395-402, 2009.

SHIWAKOTI, S. et al. Diurnal effects on *Mentha canadensis* oil concentration and composition at two different harvests. **HortScience**, v. 50, n. 1, p. 85-89, 2015.

SILVA, A. G. et al. Uso, conservação e diversidade de plantas aromáticas, condimentares e medicinais para fins medicinais na comunidade Vila Princesa, Porto Velho- RO. **Revista Pesquisa & Criação**, v. 10, n. 2, p. 21-35, 2011.

SILVA, B. A.; SILVA, A. R.; PAGIUCA, L. G. Cultivo Protegido: Em busca de mais eficiência produtiva. **Revista Técnica Hortifruti Brasil**, p. 10-18, 2014. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/132/mat_capa.pdf>. Acesso em: 07 de outubro de 2019.

SOLIMAN, F. M. et al. Seasonal variation in the essential oil composition of *Origanum majorana* L. cultivated in Egypt. **Zeitschrift fur Naturforschung C**, v. 64, n. 9, p. 611-614, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TRENTO FILHO, A. J.; MENON, M. U.; CORRÊA JÚNIOR, C. Caracterização da produção de plantas medicinais, aromáticas e condimentares no Território Centro-Sul do Paraná. **Ambiência**, v. 6, n. 3, p. 511-520, 2011.

VERMA, R. S. et al. Essential oil composition of menthol mint (*Mentha arvensis*) and peppermint (*Mentha piperita*) cultivars at different stages of plant growth from Kumaon

Region of Western Himalaya. **Open Access Journal of Medicinal and Aromatic Plants**, v. 1, n.1, p. 13-18, 2010.

YADEGARINIA, D. et al. Biochemical activities of Iranian *Mentha piperita* L. and *Myrtus communis* L. essential oils. **Phytochemistry**, v. 67, n. 12, p. 1249-1255, 2006.

ZAWIŚLAK, G.; DZIDA, K. Yield and quality of sweet marjoram herb depending on harvest time. **Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus**, v. 9, n. 1, p. 65-72, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A - AMBIENTE PROTEGIDO DO TIPO ABRIGO COM CULTIVO FORA DO SOLO.



APÊNDICE B - CROQUI DO EXPERIMENTO 1 DE MANJERONA.



APÊNDICE C - CROQUI DO EXPERIMENTO 2 DE MANJERONA.



APÊNDICE D - EXPERIMENTO 1 DE MANJERONA COM OS DIFERENTES INTERVALOS ENTRE COLHEITAS.



APÊNDICE E - EXPERIMENTO 2 DE MANJERONA COM OS DIFERENTES INTERVALOS ENTRE COLHEITAS.



APÊNDICE F - COLHEITA DA MANJERONA A 7 CENTÍMETROS DA BASE DA PLANTA.



APÊNDICE G - PLANTAS DE MANJERONA COLHIDAS 72 DIAS APÓS O TRANSPLANTE REALIZADO NO INVERNO.



APÊNDICE H - PLANTAS DE MANJERONA COLHIDAS 90 DIAS APÓS O TRANSPLANTE REALIZADO NO INVERNO.



APÊNDICE I - CROQUI DO EXPERIMENTO 1 DE MENTA.



APÊNDICE J - CROQUI DO EXPERIMENTO 2 DE MENTA.



APÊNDICE K - EXPERIMENTO 1 DA MENTA COM DIFERENTES INTERVALOS ENTRE COLHEITAS.



APÊNDICE L - EXPERIMENTO 2 DA MENTA COM DIFERENTES INTERVALOS ENTRE COLHEITAS.



APÊNDICE M - COLHEITA DA MENTA A 7 CENTÍMETROS DA BASE DA PLANTA.



APÊNDICE N - PLANTAS DE MENTA COLHIDAS NO INTERVALO DE 45 DIAS NO TRANSPLANTE REALIZADO NO VERÃO.



APÊNDICE O - PLANTAS DE MENTA COLHIDAS NO INTERVALO DE 60 DIAS NO TRANSPLANTE REALIZADO NO INVERNO.



APÊNDICE P - PLANTAS DE MENTA COLHIDAS NO INTERVALO DE 90 DIAS NO TRANSPLANTE REALIZADO NO INVERNO.



APÊNDICE Q - HIDRODESTILAÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL EM APARELHO DE CLEVANGER.

