

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**NÍVEIS DE POTÁSSIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA,
DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS E A PRODUÇÃO DE ÓLEO
ESSENCIAL DE *Mentha piperita* L.**

JANICE VALMORBIDA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração em Horticultura

BOTUCATU – SP

JULHO – 2003

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU**

**NÍVEIS DE POTÁSSIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA,
DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS E A PRODUÇÃO DE ÓLEO
ESSENCIAL DE *Mentha piperita* L.**

JANICE VALMORBIDA

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Carmen Sílvia Fernandes Boaro

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração Horticultura.

BOTUCATU – SP

JULHO – 2003

DEDICO

Aos meus pais, Moacir e Ivanir Valmorbida,
exemplos de amor e trabalho, certeza de eterna
acolhida.

Aos meus irmãos, Ney e Andréa Valmorbida,
por todos os momentos das nossas vidas.

À Claudete Schrage Nuernberg, sempre minha Professora.
O seu incentivo e ajuda foi o passo inicial dessa conquista.

Ao André Thaler Neto, meu namorado, sempre
incansável em seu carinho, amor e dedicação.
Chegar até aqui foi mais fácil com o seu apoio.

À Ana Maria e Carolina Thaler, pela chance de
fazer parte de suas vidas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas bênçãos de cada dia.

À Prof^a Dr^a Carmen Sílvia Fernandes Boaro, pela orientação, amizade, ajuda, sugestões e críticas na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Lin Chau Ming, pela dedicação, apoio e incentivo em todas as fases deste trabalho.

Ao Prof. Dr. João Domingos Rodrigues, pela constante ajuda e apoio.

Ao Prof. Dr. Luis Vitor S. Sacramento, pela amizade, ajuda e sugestões que muito enriqueceram esse trabalho.

À Prof^a Dr^a Márcia Ortiz Mayo Marques, pela amizade, dedicação e apoio na realização das análises fitoquímicas dos óleos essenciais.

À Prof^a Dr^a Martha Maria Mischam, pelo auxílio prestado nas análises estatísticas.

À Prof^a Dr^a Ana Catarina Catâneo, pela amizade, dedicação e ajuda em todos os momentos.

À Dr^a Miriam Baptista Stefanini, sempre dedicada e prestativa.

Ao auxiliar acadêmico do Departamento de Botânica, José Eduardo Costa, pela ajuda em todas as fases do trabalho, pela amizade e pelo relacionamento de respeito.

À Universidade Estadual Paulista, em especial ao corpo docente da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Departamento de Horticultura, Departamento de Botânica e Instituto de Biociências, pela formação acadêmica e pela oportunidade de realizar este curso.

À CAPES, pelo importante apoio financeiro mantido durante a realização do curso.

Aos funcionários do Departamento de Horticultura da FCA, em especial a Rosemeire Pessoa Penaloza e Elisabete Martins de Almeida, pela prestatividade e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Botânica do IB, em especial a Dirce da Silva Oyan e Maria Helena Godoy, pela constante disponibilidade e amizade.

Aos colegas e amigos (as), Abramo, Andréa, Evelize, Joseane, Leonardo, Lilian, Maira, Márcia, Marelisa, Roselaine, Santino, pelo carinho, pela amizade, pela paciência e ajuda em cada fase desta jornada.

Ao André, pelo constante e incansável apoio durante esse período.

Enfim, a todos que, de alguma maneira, seja com seu apoio ou na condução de suas funções, facilitaram o meu trabalho.

Eu Agradeço.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE FIGURAS.....	XIII
1. RESUMO.....	1
2. SUMMARY.....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
4.1 <i>Mentha piperita</i> L.	8
4.2 Metabólitos Secundários.....	11
4.2.1 Terpenóides.....	12
4.2.2 Biossíntese do ácido mevalônico.....	13
4.2.3 Conversão do limoneno para mentol.....	13
4.3 Óleos Essenciais	17
4.3.1 Técnica de extração - Hidrodestilação ou Clevenger	19
4.3.2 Cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas (CG-EM)	20
4.4 Análise de crescimento	20
4.5 Nutrição mineral.....	21
5. MATERIAL E MÉTODOS	25

5.1 Caracterização da área experimental.....	25
5.2 Material vegetal.....	25
5.3 Cultivo das plantas em solução nutritiva por meio da técnica do filme de nutrientes (NFT)	26
5.4 Delineamento Experimental	29
5.5 Tratos fitossanitários.....	33
5.6 Preparo do material para a determinação de variáveis fisiológicas	33
5.7 Variáveis avaliadas	34
5.7.1 Comprimento de parte aérea	34
5.7.2 Área foliar.....	34
5.7.3 Massa seca	34
5.7.4 Índices fisiológicos da análise de crescimento	34
5.7.5 Avaliação do óleo essencial.....	36
5.8 Avaliação estatística dos resultados	37
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
6.1 Comprimento da parte aérea	40
6.2 Área foliar.....	44
6.3 Massa seca de raízes	47
6.4 Massa seca de lâminas foliares	50
6.5 Massa seca de caule mais pecíolos	54
6.6 Massa seca total.....	57
6.7 Razão de área foliar (RAF).....	60
6.8 Área foliar específica (AFE).....	64
6.9 Taxa assimilatória líquida (TAL)	68
6.10 Taxa de crescimento relativo (TCR).....	71
6.11 Produção de óleo essencial	75
6.12 Composição do óleo essencial.....	79
6.12.1 Teor de mentol.....	82
6.12.2 Teor de mentona	85
6.12.3 Teor de mentofurano.....	88
6.12.4 Teor de 1,8-cineol.....	91

6.12.5 Teor de pulegona	94
6.12.6 Teor de Acetato de mentila	97
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
8. CONCLUSÃO.....	103
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
10. APÊNDICE.....	114

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 1. Tratamentos a que foram submetidas as plantas de <i>Mentha piperita</i> L. durante seu ciclo de desenvolvimento. Compostos utilizados, soluções estoque (g L^{-1}), composição das soluções nutritivas (ml L^{-1}), e quantidade de potássio fornecido (mg L^{-1}). (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª colheita; (**) após a 1ª colheita.	28
Tabela 2. Análise de variância e comparação entre médias de comprimento de parte aérea (cm), de <i>Mentha piperita</i> L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.	42
Tabela 3. Análise de variância e comparação entre médias da área foliar (dm^2), de <i>Mentha piperita</i> L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.	45
Tabela 4. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de raízes (g), de <i>Mentha piperita</i> L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações	

de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.	48
Tabela 5. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de lâminas foliares (g), de <i>Mentha piperita</i> L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.	52
Tabela 6. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de caule mais pecíolo (g), de <i>Mentha piperita</i> L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.	55
Tabela 7. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca total (g), de <i>Mentha piperita</i> L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.	58
Tabela 8. Razão de área foliar ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) de <i>Mentha piperita</i> L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.	62
Tabela 9. Área foliar específica ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) de <i>Mentha piperita</i> L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.	66
Tabela 10. Taxa assimilatória líquida ($\text{g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$) de <i>Mentha piperita</i> L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.	69
Tabela 11. Taxa crescimento relativo ($\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$) de <i>Mentha piperita</i> L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.	73
Tabela 12. Análise de variância e comparação entre médias do volume de óleo essencial ($\text{mL } 100 \text{g}^{-1} \text{MS}$), de <i>Mentha piperita</i> L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003.	77

- Tabela 13. Composição do óleo essencial (%), obtida em análise CG-MS, de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003. Média de 3 colheitas. 81
- Tabela 14. Análise de variância e comparação entre médias do teor de mentol no óleo essencial (mL 100 g⁻¹MS), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003. 83
- Tabela 15. Análise de variância e comparação entre médias do teor de mentona no óleo essencial (mL 100 g⁻¹MS), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003. 86
- Tabela 16. Análise de variância e comparação entre médias do teor de mentofurano no óleo essencial (mL 100 g⁻¹MS), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003. 89
- Tabela 17. Análise de variância e comparação entre médias do teor de 1,8-cineol no óleo essencial (mL 100 g⁻¹MS), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003. 92
- Tabela 18. Análise de variância e comparação entre médias do teor de pulegona no óleo essencial (mL 100 g⁻¹MS), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003. 95
- Tabela 19. Análise de variância e comparação entre médias do teor de acetato de mentila no óleo essencial (mL 100 g⁻¹MS), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003. 98

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Formação da unidade básica de isoprenos (5C) para a síntese de terpenóides Fonte: ROTEAU et al., 2000.	15
Figura 2. Síntese do óleo essencial de <i>Mentha piperita</i> L. a partir da conversão do limoneno. Fonte: CROTEAU et al., 2000.	16
Figura 3. Distribuição dos tratamentos, constituídos pelos três diferentes níveis de potássio, nas bancadas, em casa de vegetação, em que foram cultivadas plantas de <i>Mentha piperita</i> L. em solução nutritiva. T1=117,00/234,00 mg K L ⁻¹ , T2=58,50/117,00 mg K L ⁻¹ , T3=29,25/58,50 mg K L ⁻¹ . BAN=Bancada.....	31
Figura 4. Esquema simplificado da distribuição de plantas de <i>Mentha piperita</i> L., submetidas a diferentes níveis de potássio e avaliadas segundo as variáveis que compõem a análise de crescimento (AC) e extração de óleo essencial (OE), em diferentes colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. T1=117,00/234,00 mg K L ⁻¹ , T2=58,50/117,00 mg K L ⁻¹ , T3=29,25/58,50 mg K L ⁻¹	32

- Figura 5. Etapas da condução do experimento com *Mentha piperita* L. No detalhe: A – Disposição das plantas na casa de vegetação na data da instalação do experimento (25/10/2002); B - Plantas de *M. piperita* L. aos 15 dias após transplante (DAT); C – Aos 21 DAT (1^a-colheita); D – Aos 30 DAT; E – Aos 90 DAT; F – Aos 100 DAT, florescimento isolado..... 39
- Figura 6. Comprimento da parte aérea (cm) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita / após a 1^a colheita..... 43
- Figura 7. Área foliar (dm²) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita / após a 1^a colheita..... 46
- Figura 8. Massa seca de raízes (g) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita..... 49
- Figura 9. Massa seca de lâminas foliares (g) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita..... 53
- Figura 10. Massa seca de caule mais pecíolo (g) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias

colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita..... 56

Figura 11. Massa seca total (g) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita..... 59

Figura 12. Razão de área foliar (dm² g⁻¹) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita..... 63

Figura 13. Área foliar específica (dm² g⁻¹) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita..... 67

Figura 14. Taxa assimilatória líquida (g dm⁻² g⁻¹) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita..... 70

Figura 15. Taxa crescimento relativo (g g⁻¹ dia⁻¹) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores

- ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita. 74
- Figura 16. Volume de óleo essencial (mL 100 g⁻¹ MS) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita. 78
- Figura 17. Teor de mentol (%), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em nível de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita. 84
- Figura 18. Teor de mentona (%), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita. 87
- Figura 19. Teor de mentofurano (%), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita. 90
- Figura 20. Teor de 1,8-cineol (%), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita. 93
- Figura 21. Teor de pulegona (%), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas

tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita..... 96

Figura 22. Teor de acetato de mentila (%), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita..... 99

1. RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar o desenvolvimento, a produção e a composição de óleo essencial da *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva, contendo diferentes níveis de potássio.

O experimento foi conduzido no laboratório e em casa de vegetação do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências de Botucatu – UNESP e no laboratório do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus Botucatu - SP. A determinação da composição do óleo essencial e a cromatografia foram realizadas no Centro de Genética, Biologia Molecular e Fitoquímica do Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, SP.

Foram utilizadas plantas de *Mentha piperita* L., cultivadas em solução nutritiva nº 2 de Hoagland e Arnon, em três diferentes tratamentos constituídos por solução completa, solução completa menos 50% de potássio e solução completa menos 75% de potássio, com níveis de potássio iguais, respectivamente, a 34,00, 117,00 e 58,50 mg L⁻¹. Até a primeira colheita, quando as plantas tinham 21 dias após o transplante, a solução nutritiva utilizada em todos os tratamentos foi diluída em 50%.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, em parcelas subdivididas com três diferentes níveis de potássio e cinco épocas de colheitas, realizadas aos 21, 42, 63, 84 e 105 dias após o transplante. Para a análise do óleo

essencial, o delineamento foi em blocos casualizados com três repetições, em parcelas subdivididas com três diferentes níveis de potássio, em três épocas de colheita, realizadas aos 60, 105 e 120 dias após o transplante. O desenvolvimento foi avaliado pelas variáveis comprimento do caule, área foliar, massa seca de caule mais pecíolos, de folhas, de raízes, razão de área foliar, área foliar específica, taxa assimilatória líquida e taxa de crescimento relativo. Avaliou-se também a produção e a composição do óleo essencial de *M. piperita*.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias de tratamentos com os diferentes níveis de potássio, comparadas pelo teste de Tukey utilizando-se o nível de 5% de significância. O fator colheita foi avaliado por meio de regressão, exceto na avaliação da produção e composição do óleo essencial.

De acordo com os resultados obtidos nas condições do estudo, conclui-se que níveis de 117,00 e 58,50 mg L⁻¹ de potássio na solução nutritiva não promoveram redução no desenvolvimento e na produção do óleo essencial. A melhor época para rendimento e composição do óleo essencial ocorreu aos 105 dias após plantio. A mentona foi o componente do óleo essencial encontrado em teor mais elevado, seguida pelo mentol.

POTASSIUM LEVELS IN NUTRIENT SOLUTION, DEVELOPMENT OF PLANTS AND ESSENTIAL OIL PRODUCTION OF *Mentha piperita* L.

Botucatu 2003, 128 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia / Horticultura)

Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista

Author: JANICE VALMORBIDA

Adviser: CARMEN SÍLVIA FERNANDES BOARO

2. SUMMARY

The aim of this study was to assess the development, essential oil production and composition of *Mentha piperita* L., cultivated in nutrient solution, testing different potassium levels.

The experiment was conducted in the laboratory and greenhouse of the Department of Botany at the Bioscience Institute from São Paulo State University – UNESP/Botucatu and of the Department of Vegetable Production of the Faculty of Agronomic Science, Campus Botucatu, SP. The essential oil composition and the chromatography were conducted at the Center of Genetics, Molecular Biology and Phytochemistry of the Agronomic Institute of Campinas, SP.

Plants of *Mentha piperita* L. were cultivated in Hoagland and Arnon nutrient solution nº 2 testing the three different levels of potassium, represented by the complete solution, complete solution minus half of the original levels of potassium and the complete solution minus 75% of potassium; resulting in 234,00, 117,00 and 58,50 mg L⁻¹ of potassium concentration. The solution were diluted to 50% until the first harvest, done 21 days after transplantation.

A randomized blocks design was used, with three replications for each treatment and five harvests were done at 21, 42, 63, 84 and 105 days after transplantation. Essential oil analysis was done with the same experimental design, but with only three harvests at 60, 105 and 120 days after transplantation. The plant growth was evaluated using the following variables: stem length, leaf area, stem plus petiole dry mass, mass of leaves and of roots, leaf area ratio, specific leaf area, net assimilatory rate and relative growth area.

The results were submitted to analysis of variance and the means of treatments (levels of potassium) compared by the Tukey test, assuming a level of 5% of significance. The effect of the age at harvest was studied using regression analysis, except for the essential oil production and composition.

The results showed that potassium levels 117,00 and 58,50 mg L⁻¹ did not affected development and essential oil production. The essential oil yield and composition were optimized at 105 days after transplantation. The main component of essential oil was menthone followed by menthol.

Keywords: *Mentha piperita* L., potassium, nutrient solution, development, essential oil, menthol, menthone.

3. INTRODUÇÃO

O uso de plantas medicinais vem sendo praticado desde a origem da humanidade, apoiado pelo acúmulo de informações obtidas através de experiências culturais de vários povos. Segundo a Organização Mundial de Saúde, cerca de 80% da população mundial recorre ao uso de plantas medicinais e/ou a seus subprodutos para satisfazer suas necessidades básicas (STEENBOCK, 2000).

Basso et al. (1998) referem que a grande utilização de plantas medicinais pelos países industrializados tem promovido estudos visando resolver os problemas de ordem político-econômica promovendo o cultivo oficial e não exploratório. Os autores ainda registram que muitas técnicas agrônomicas tem sido desenvolvidas permitindo estimular o cultivo de plantas medicinais. Dentre as técnicas citam-se a seleção de genótipos, destacando-se a família das mentas onde existem diferentes espécies ricas em óleos essenciais, com teores elevados de mentol.

A cultura da menta iniciou-se no Estado de São Paulo no começo do século XX. O Brasil foi o maior produtor do mundo desde a II Guerra Mundial até a década de 70, sendo o Estado do Paraná responsável por 95% da produção. A queda na produção ocorreu após o esgotamento da fertilidade natural do solo onde se implantou a cultura (PARANÁ, 1976).

A *Mentha piperita* L. é uma planta aromática da família Lamiaceae, conhecida também como hortelã-pimenta (MUNSI apud SIMÕES & SPITZER, 2000). Trata-se de um híbrido, originário do cruzamento entre diversas espécies, provavelmente *Mentha spicata* L., *M. aquatica* L., *M. longifolia* Huds. e *M. rotundifolia* Huds (WAGNER apud SIMÕES & SPITZER, 2000). Junto com a *Mentha arvensis* L., é a espécie de maior interesse econômico na obtenção de óleos essenciais. O óleo, amplamente empregado como flavorizante, aditivo em alimentos, em produtos de higiene bucal e em preparações farmacêuticas, no tratamento de problemas respiratórios e gastrintestinais, apresenta ações antimicrobiana e espasmolítica, facilita a digestão e é responsável pela eliminação de gases do aparelho digestivo (SIMÕES & SPITZER, 2000).

As plantas da família Lamiaceae, pela riqueza em óleos essenciais, tem sido amplamente investigadas sob o ponto de vista agrônomo e químico, não somente com o intuito de maximizar o conteúdo de óleo essencial, mas também buscando avaliar a variação dos constituintes importantes destes óleos (MARTINS, 1998).

Segundo Simões e Spitzer (2000), o ambiente no qual o vegetal se desenvolve e o tipo de cultivo influem sobre a composição química dos óleos essenciais. A temperatura, a umidade relativa, a duração total da exposição ao sol e o regime de ventos exercem uma influência direta, principalmente nas espécies que possuem estruturas histológicas de estocagem na superfície. Nos vegetais em que a localização de tais estruturas é mais profunda, a qualidade dos óleos é mais constante. A hortelã-pimenta, quando cultivada em períodos de dias longos e noites curtas, apresenta um maior rendimento de óleo, com teor aumentado de mentofurano. Ao contrário, noites frias favorecem a formação de mentol. O grau de hidratação do terreno e a presença de nutrientes também podem influenciar a composição dos óleos essenciais.

Segundo Brady (1989), o potássio, um elemento essencial, desempenha diversas funções no metabolismo vegetal. É ativador de inúmeras enzimas envolvidas com o metabolismo energético, a síntese de amido, a redução dos nitratos e a decomposição dos açúcares. Devido a sua facilidade em transportar-se através das membranas vegetais, é extremamente móvel no interior das plantas. Sua concentração, relativamente elevada nas células vegetais, regula a abertura e o fechamento dos estômatos nas folhas e a captação de água pelas células radiculares. É essencial à fotossíntese, assim

como à formação do amido e à transferência dos açúcares. É necessário ao desenvolvimento da clorofila, embora não constitua fração importante na sua estrutura molecular, como o magnésio. O potássio também aumenta a resistência a certas doenças e por favorecer sistemas radiculares e caulíferos resistentes, ajuda a evitar o indesejável “acamamento” das plantas, contrariando a influência prejudicial do nitrogênio em excesso.

Pelo acima exposto e considerando as várias funções metabólicas do potássio, já referidas, compreende-se com facilidade que as alterações da concentração desse nutriente podem interferir com o desenvolvimento do vegetal.

Milthorpe & Moorby (1974), referiram que a ausência, ou mesmo a insuficiência, de um nutriente interfere na produção final, embora não se conheça qual das variáveis fisiológicas intermediárias fica comprometida, interferindo na produtividade.

Por fim, deve ser registrado que no cultivo comercial da *Mentha piperita* L., produtor e consumidor buscam incrementos de massa fresca e seca e elevado rendimento em óleo essencial, com teores elevados de mentol e mentona. Estes fatores devem ser aliados a um manejo que facilite todas as etapas envolvidas no ciclo da cultura.

Assim, o presente estudo objetivou avaliar a influência do potássio no desenvolvimento, na produção e na composição do óleo essencial de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva contendo diferentes níveis desse elemento, durante seu ciclo de desenvolvimento.

4. REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Cronquist (1981), a família Lamiaceae consiste de aproximadamente 200 gêneros e 3200 espécies, com distribuição mundial. É especialmente abundante na região do Mediterrâneo e ao leste da Ásia Central. Dentre os gêneros citam-se *Mentha*, *Thymus* e *Lavandula*, que são cultivados devido a importância de seus óleos essenciais.

4.1 *Mentha piperita* L.

Conhecida popularmente como hortelã, hortelã-pimenta, menta, menta-inglesa, hortelã-apimentada, hortelã-das-cozinhas ou sândalo, é uma erva aromática, anual ou perene de mais ou menos 30 cm de altura, semi-ereta. Apresenta ramos de cor verde escura a roxa purpúrea. As folhas são elíptico-acuminadas, denteadas, pubescentes e apresentam um odor agradável e forte, que é dado pela presença de óleos essenciais. É originária da Europa de onde foi trazida no período de colonização do País, sendo muito cultivada em canteiros e jardins em todo o Brasil. Na região Nordeste, somente as plantas cultivadas nas serras úmidas de clima de montanha florescem uma vez por ano (LORENZI & MATOS, 2002).

Desde a mais remota antiguidade, esta e outras plantas deste gênero são utilizadas como condimento de carnes e massas, bem como para fins medicinais, alimentícios e cosméticos. A literatura etnobotânica registra suas propriedades espasmolíticas, antivomitivas, carminativas, estomáticas e anti-helmínticas, por via oral e, antibacteriana, antifúngicas e antiprurido em uso tópico (GOUTHAM et al. 1980; GRUENWALD 2000).

Segundo Loewenfeld & Back (1980), a *Mentha piperita* L. é considerada por ter maior conteúdo de mentol, substância responsável pelo sabor refrescante característico. São plantas perenes que crescem rapidamente quando não são podadas. Suas folhas são alongadas ovaladas, pecioladas e avermelhadas. Nas axilas das folhas superiores terminais aparecem inflorescências de cor púrpura e raramente desenvolvem sementes. Sendo de fácil cultivo, sua multiplicação pode ser feita em qualquer momento por divisão de rizomas subterrâneos ou superficiais. No entanto, o melhor momento de fazê-lo é na primavera ou no outono. O maior risco para um cultivo de menta é a instalação de fungo em suas folhas, mais freqüente quando ocorrem mudanças bruscas de temperatura.

Giacometti (1989) refere que a *Mentha piperita* L., mais comum no Brasil em hortas e jardins, é bem adaptada nos trópicos e subtropicais, apresentando entre 60 e 90 cm de altura, folhas glabras e pecioladas e flores de cores avermelhadas. A espécie apresenta duas formas, a “black peppermint” e a “white peppermint”. A “black peppermint” é cultivada comercialmente nos Estados Unidos para extração de óleo, sendo mais vigorosa e mais picante que a “white peppermint”.

Tanto na medicina oficial como nas práticas caseiras da medicina popular, as folhas de menta são usadas na forma de chá do tipo abafado, ou seja, infusão, para os casos de má digestão, náuseas e sensação de empachamento, causado por acúmulo de gases no aparelho digestivo (LORENZI e MATOS, 2002).

Rabak (1917) trabalhando com *Mentha piperita* L., nos EUA, obteve o maior rendimento de óleo quando as plantas atingiram o máximo florescimento, afetado pelas condições de solo e clima. O autor refere ainda que se as plantas forem secas antes da destilação, ocorre acentuada redução na produção do óleo, em função de mudanças favoráveis à formação de ésteres e a produção de ácidos livres. Conclui também, que o rendimento de óleo nas plantas decresce com a maturação, incrementando sua porcentagem

de ésteres, sendo que o teor de mentol, importante componente do óleo, tem relação com o conteúdo de ésteres.

Ellis (1944) realizou estudos com *Mentha piperita* L., durante três anos, nos EUA, e mostrou que a época de colheita pode ser determinada pela análise do teor de mentol livre no óleo. Essa avaliação pode ser feita pelo método viscométrico. Elevados rendimentos são associados ao teor de mentol, em torno de 45%.

Topalov e Zhelyazkov (1991), estudaram *Mentha piperita* L., clone nº 1 e *M. arvensis* L. cv Mentona 14, na Bulgária, plantadas no espaçamento de 70 cm entre linhas com 30 plantas m². Os autores avaliaram a produção em três estádios de desenvolvimento, 50% de florescimento, 100% de florescimento e após o florescimento. A *Mentha piperita* L. atingiu 50% do florescimento entre 97 e 100 dias após o plantio e a *Mentha arvensis* L. entre 107 e 109 dias após o plantio. Os maiores rendimentos de ambas as espécies foram alcançados com 50% de florescimento. O rendimento de óleo apresentou redução de 12% na *Mentha piperita* L. e de 9% na *Mentha arvensis* L., quando colhidas com 100% de florescimento. Colheitas em meados de outubro, ou seja, após o florescimento, resultaram em redução de 62% para *Mentha piperita* L. e de 76% para *Mentha arvensis* L. No entanto, o conteúdo de mentol no óleo da *Mentha piperita* L. aumentou nas colheitas mais tardias, e assim, a colheita após o florescimento, apesar de diminuir o rendimento de óleo, aumenta sua qualidade, aumentando o teor de mentol. Para a *Mentha arvensis* L. a colheita após o florescimento não afetou o teor de mentol no óleo, mas, o rendimento e a qualidade foram reduzidos com a colheita muito precoce.

Assim, a composição qualitativa e quantitativa do óleo das plantas medicinais pode variar durante as fases de crescimento, tornando-se importante que a planta seja colhida na época apropriada (CASTRO et al., 2001).

Zheljazkov e Margina (1996) testaram, em 1988 e 1989 o efeito da aplicação de fertilizantes em doses crescentes nos caracteres qualitativos e quantitativos de menta, em duas colheitas por ano. Foram usadas cv. Tundza, cv. Zephir e cv. Clone nº 1 de *M. piperita* Huds e cv. Mentolna 18 de *Mentha arvensis* L var piperascens. As plantas foram submetidas aos tratamentos B₀, sem fertilizantes, B₁ com 151 Kg N ha⁻¹, B₂ com 306,2 Kg N ha⁻¹ e 110 Kg K₂O ha⁻¹, e B₃ com 533,6 Kg N ha⁻¹, 182 Kg P₂O₅ ha⁻¹ e 240 Kg K₂O ha⁻¹. As adubações foram distribuída ao longo dos dois anos de cultivo. Com o aumento das doses de

fertilizantes houve aumento no comprimento da parte aérea e no número de ramos de todas as cultivares. Os níveis de fertilização não afetaram o conteúdo dos principais compostos químicos dos óleos essenciais na primeira colheita, mas, na segunda colheita, houve aumento do conteúdo de mentol.

Fatores agronômicos podem afetar o rendimento e a composição de óleo essencial. Piccaglia et al. (1993) realizou ensaios de 2 anos com dois cortes por ano, no norte da Itália sobre fatores agronômicos que afetam o rendimento e a composição do óleo essencial de *M. piperita* L. cv. Italo-Mitcham. Os autores avaliaram o desempenho da espécie quanto a época de plantio, adição de fósforo em níveis de 0, 75, 150 Kg ha⁻¹ e de nitrogênio de 0, 100 e 200 Kg ha⁻¹, idade da cultura, composição e rendimento de óleo essencial. Os resultados mostraram plantas com maiores alturas (cm), biomassa de folhas, peso de 100 folhas e rendimento de massa fresca no primeiro ano e primeiro corte. O conteúdo e o rendimento de óleo essencial foram maiores no primeiro corte do segundo ano. A fertilização com N aumentou o rendimento de óleo e a biomassa no primeiro ano, em ambos os cortes. O N diminuiu a porcentagem de folhas sobre a biomassa, provavelmente devido ao fato de ter promovido mais hastes do que folhas. Nenhum efeito foi verificado para o fornecimento de fósforo.

4.2 Metabólitos Secundários

As plantas produzem grande diversidade de compostos orgânicos que parecem não ter função direta no crescimento e desenvolvimento. Essas substâncias são conhecidas como metabólitos secundários, produtos secundários ou produtos naturais (TAIZ & ZEIGER, 1998; CROTEAU et al., 2000). Os produtos do metabolismo secundário, embora não necessariamente essenciais para o organismo produtor, garantem vantagens para a sua sobrevivência e para a perpetuação da espécie, em seu ecossistema. A defesa contra herbívoros e microorganismos, a proteção contra raios UV, a atração de polinizadores ou animais dispersores de sementes (Wink, 1990 apud Santos, 2000) alelopatias (Harborne, 1988 apud Santos, 2000) são alguns exemplos.

Baseado em suas origens biossintéticas, os metabólitos secundários podem ser divididos em terpenóides, alcalóides, fenilpropanóides e compostos fenólicos afins. Todos os terpenóides, incluindo os metabólitos primários e mais de 25.000 compostos secundários são derivados do isopentenil difosfato (IPP). São conhecidos mais de 12.000 alcalóides, que contém um ou mais átomos de hidrogênio. Os compostos fenólicos, em número de 8000 ou mais, são formados pelo caminho do ácido chiquímico ou pelo caminho do ácido mevalônico (CROTEAU et al., 2000).

Os compostos formados no óleo essencial de *Mentha piperita* L. são derivados do ácido mevalônico, sendo denominados de isoprenos ou terpenos.

4.2.1 Terpenóides

O nome terpenóide decorre do fato dos primeiros membros da classe serem isolados da turpentina. Todos os terpenóides são derivados de repetidas fusões de unidades de cinco carbonos, baseadas no esqueleto do isopentano. Os terpenóides C₁₀, chamados de monoterpenos, foram os primeiros terpenóides isolados da turpentina em 1850. Os monoterpenos mais conhecidos são componentes de essências voláteis de flores e óleos essenciais de ervas, constituindo mais de 5% da massa seca das espécies (DEY & HARBORNE, 1997; CROTEAU et al., 2000).

Segundo Svoboda & Svoboda (2000); Croteau et al (2000), a produção em grandes quantidades de terpenóides, assim como sua subsequente acumulação, emissão ou secreção está quase sempre associada com a presença de estruturas anatômicas especializadas. Os tricomas glandulares e as cavidades secretoras das folhas e epidermes glandulares das pétalas das flores, geram, armazenam e emitem óleos essenciais.

4.2.2 Biossíntese do ácido mevalônico

Duas condensações de três moléculas de acetil-CoA são sintetizadas pela enzima tiolase e pela enzima HMG-CoA sintase (Hidroximetil glutaril-CoA-sintase) formando 3-Hidroxi-3-Metilglutaril-CoA, subsequentemente a enzima HMG-CoA redutase (Hidroximetil glutaril-CoA-redutase), em duas reações completas forma ácido mevalônico (MVA). Ocorrem duas sequências de fosforilações cada uma usando um ATP, envolvendo a enzima MVA-quinase (Mevalonato-5-fosfato-quinase), resultando na formação do ácido mevalônico-5-difosfato (MVAPP). O processo de descarboxilação, usando a enzima MVAPP-descarboxilase (Mevalonato-5-difosfato-descarboxilase) forma Isopentenil difosfato (IPP-5C) (Figura 1). A ação da enzima isomerase forma dimetilalil-PP, unidade de isopreno para formação dos n-terpenos (MANN, 1994; CROTEAU et al., 2000).

O Isopentenil-Difosfato (IPP) é utilizado numa série de reações da formação de precursores dos terpenóides. A isomerização do IPP pela enzima IPP-isomerase produz o dimetilalil-difosfato (DMAPP), considerado o primeiro prenil-difosfato. As reações são de mão-dupla, ou seja, pela ação da enzima formam-se IPP em DMAPP ou vice-versa. A primeira reação do DMAPP forma o Geranyl-difosfato (GPP). Repetidas reações com adição de uma ou duas moléculas de IPP formam Farnesil-difosfato (FPP) com 15 carbonos ou Geranyl-Geranyl-difosfato (GGPP) com 20 carbonos, respectivamente (CROTEAU et al., 2000).

4.2.3 Conversão do limoneno para mentol

Segundo Dey & Harborne (1997) e Croteau et al. (2000) os componentes principais e característicos do óleo essencial de *M.piperita* L. são produzidos por transformações enzimáticas secundárias do limoneno, o qual forma-se a partir de ciclizações do geranyl-difosfato. Nessa espécie, no citocromo P450, a enzima limoneno-3-hidroxilase introduz um átomo de oxigênio para produzir trans-isopiperitenol (Figura 2). Um NADP⁺ desoxihidrogenase oxida um álcool para cetona formando isopiperitenona, ativando

NADPH-dependente, produzindo cis-isopulegona, que por conjugação com um grupo carbonil forma pulegona, que é convertida em isomentol ou mentona. Redutases similares produzem isômeros a partir dessas cetonas. O mentol constitui mais de 40% do total de óleo essencial e é o componente responsável pelas características aromatizantes e sensação de refrescância da *Mentha piperita* L. Isômeros de mentol são encontrados como ésteres acetato, formado pela ação da acetil-CoA dependente da acetiltransferase. O conteúdo de mentol e acetato de mentila nos óleos de *M. piperita* L. aumenta com a maturidade das folhas. Fatores ambientais influenciam a composição do óleo. Estresse hídrico e noites quentes no crescimento da planta promovem a acumulação de rotas intermediárias mais oxidadas, assim como a pulegona.

Embora não tenham sido identificados na literatura consultada trabalhos com esse enfoque, os minerais, tais como o potássio, podem influenciar o funcionamento dos sistemas enzimáticos envolvidos na rota metabólica.

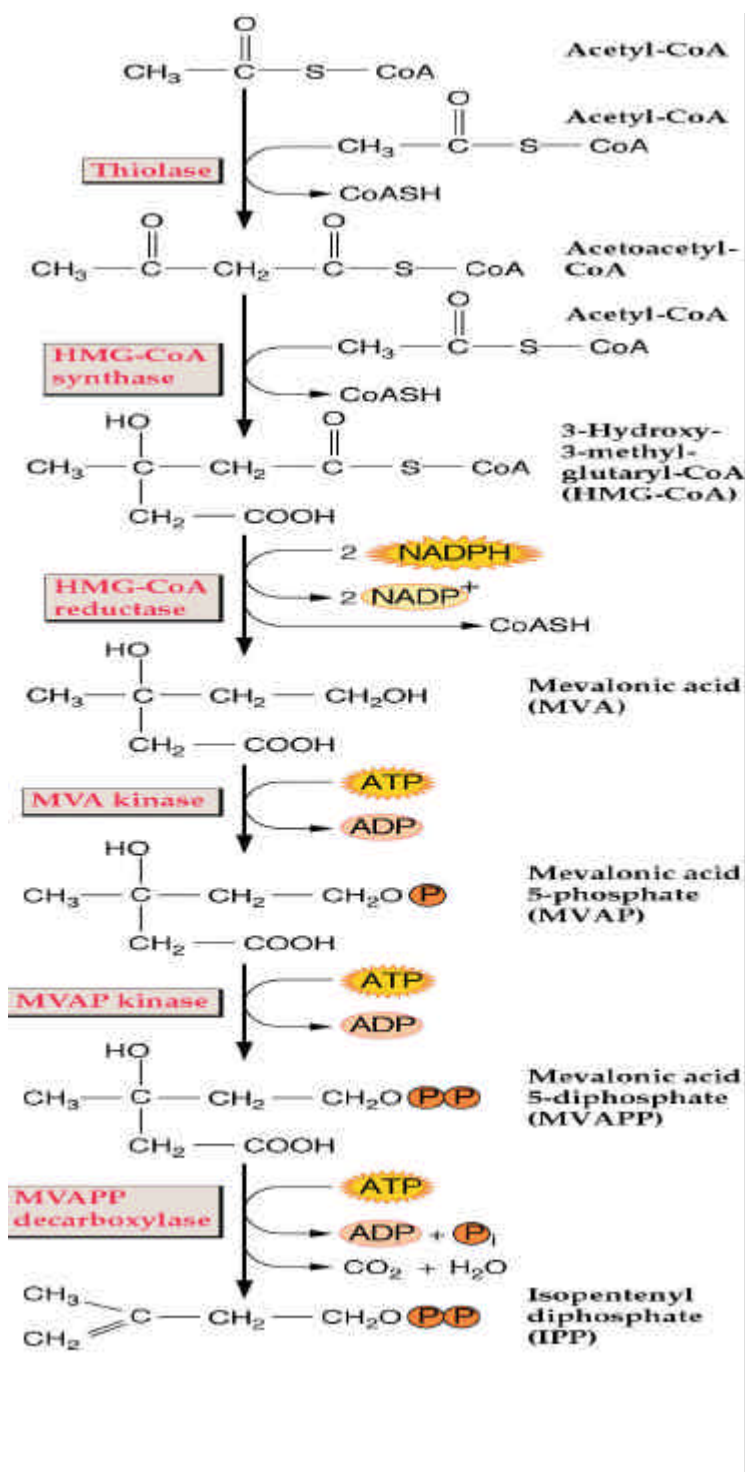


Figura 1. Formação da unidade básica de isoprenos (5C) para a síntese de terpenóides Fonte: ROTEAU et al., 2000.

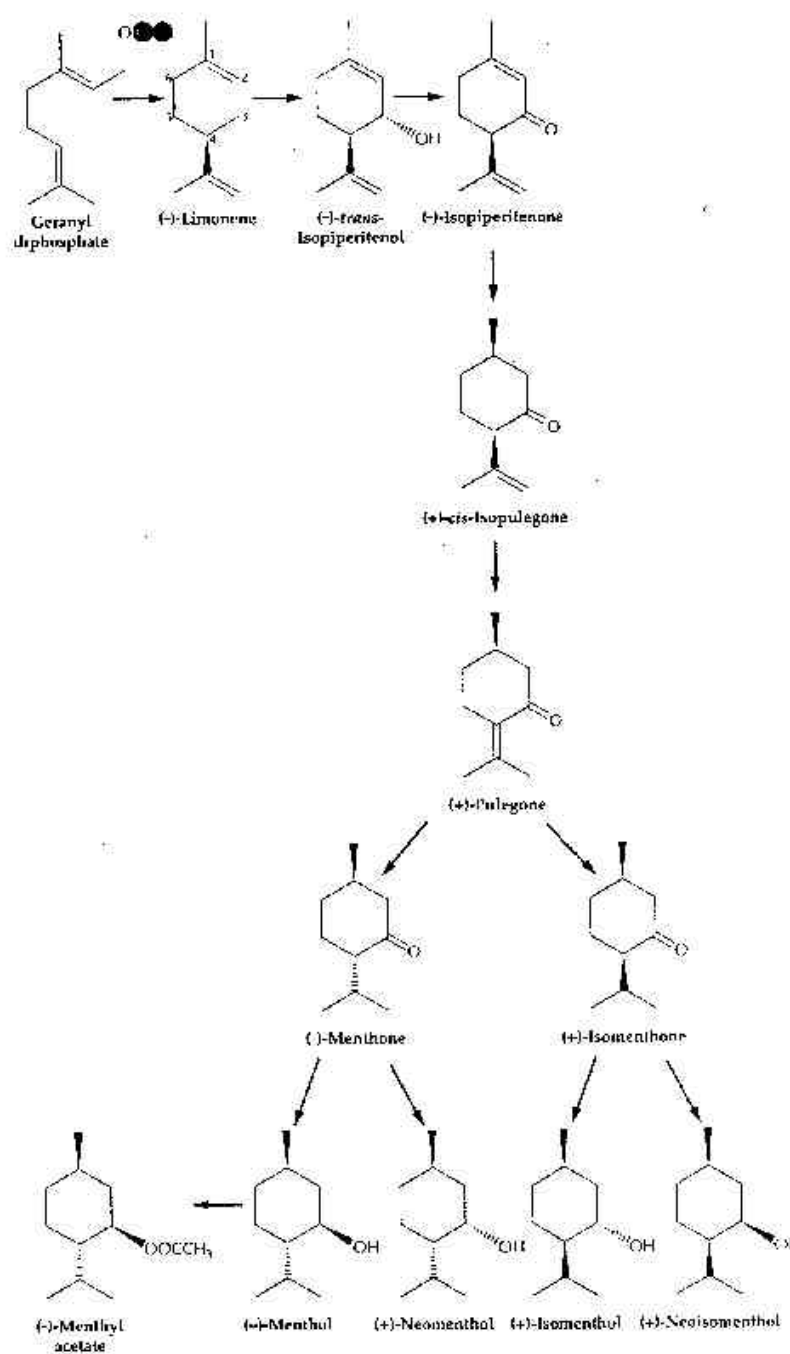


Figura 2. Síntese do óleo essencial de *Mentha piperita* L. a partir da conversão do limoneno.
 Fonte: CROTEAU et al., 2000.

4.3 Óleos Essenciais

A ISO (International Standard Organization) define entre os óleos essenciais aqueles obtidos de partes de plantas por meio de destilação por arraste com vapor d'água. De forma geral, os óleos, são misturas complexas de substâncias voláteis, lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas. Também podem ser chamados de óleos voláteis, óleos etéreos ou essências (SIMÕES & SPITZER, 2000).

Os óleos essenciais tem importância econômica pela utilização crescente nas indústrias de alimentos, cosméticos e farmacêutica. Embora de difícil estimativa, avalia-se que, para a obtenção de óleos de espécies da família Lamiaceae, sejam cultivados mais de 500 hectares (Lawrence apud Simões e Spitzer, 2000), destacando-se como espécies de maior utilização e respectiva produção mundial: a *Mentha arvensis* L. var. *piperascens* Holmes, 8600 toneladas/ano, a *Mentha piperita* L., 2367 toneladas/ano, a *Mentha spicata* L., 880 toneladas/ano, a *Lavandula x intermedia* Emeric. Ex Loisel., 768 toneladas/ano, a *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth., 563 toneladas/ano, a *Mentha x gracilis* Sole, 530 toneladas/ano, a *Lavandula augustifolia* Mill., 462 toneladas/ano e *Rosmarinus officinalis* L., 295 toneladas/ano.

Embora a maior utilização ocorra como condimentos e aromatizantes de alimentos e bebidas e cosméticos como perfumes e produtos de higiene, as drogas vegetais ricas em óleos voláteis também são empregadas, *in natura* em farmácias, para a preparação de infusões e/ou sob a forma de preparações galênicas simples. Muitos óleos voláteis são também utilizados em função de suas propriedades terapêuticas e para a aromatização de formas farmacêuticas destinadas a uso oral.

Seus constituintes variam desde hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples e terpênicos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, éteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos orgânicos, lactonas, cumarinas, até compostos de enxofre. Na mistura, tais compostos apresentam-se em diferentes concentrações e normalmente, um deles é o composto majoritário, existindo outros em menores teores e alguns em baixíssimas quantidades, ou seja, traços (SIMÕES & SPITZER, 2000). Dos principais compostos, o mentol é um álcool;

mentona, isomentona e pulegona são cetonas; acetato de mentila é um éster; mentofurano e 1,8-cineol são óxidos e limoneno e Beta-pineno são hidrocarbonetos.

Charles et al. (1990) referem as porcentagens máxima e mínima dos principais componentes do óleo essencial de menta como sendo, mentol (57,8 – 46,1%), mentona (20,7 – 16,4%), limoneno (29,9 – 8,4%), 1,8-cineol (7,3 – 5,9%), mentofurano (4,8 – 1,3%), pulegona (4,8 – 1,3%), terpineol (2,4 – 1,5%), acetato de mentila (2,9 – 0,9%), beta-pineno (1,5 – 1,0%), alfa-pineno (0,5 – 0,2%), piperitona (0,2 – 0,1%) e eugenol (0,1 - 0,1%).

Os procedimentos que levam a incrementos no conteúdo de óleo essencial, muitas vezes não requerem custos adicionais à produção. A determinação do melhor momento para a colheita, em que as plantas apresentam maior conteúdo de óleo essencial e maior teor dos seus constituintes mais importantes, tem sido o objetivo de muitos estudos. As técnicas e equipamentos modernos, atualmente à disposição para tais avaliações, não só aumentaram a precisão dos resultados, como também as tornaram mais rápidas e menos árduas (MARTINS, 1998).

Randhawa & Kauer (1995), avaliaram variedades de *M. arvensis* L., durante dois anos aos 120, 135 e 150 dias após o plantio. Os tratamentos consistiram de diferentes espaçamentos entre linhas e iguais a 45, 60 e 75cm. Foram determinadas as propriedades físico-químicas, gravidade específica, rotação óptica e índice de refração e as propriedades químicas mentol, mentona e acetato de mentila, na qualidade do óleo. A gravidade específica aumentou para espaçamentos de 45 e 60 cm, diminuindo no espaçamento de 75cm. A rotação óptica e o índice de refração não mostraram diferenças entre as plantas cultivadas nos vários espaçamentos. Os ácidos no óleo tiveram o mesmo comportamento da gravidade específica, mas os ésteres diminuíram com o aumento dos espaçamentos. O conteúdo total de mentol não foi afetado pela variação dos espaçamentos. Deve ser ressaltado também que a gravidade específica, o índice de refração e a rotação óptica diminuíram nas plantas colhidas aos 120 e 135 dias e aumentaram naquelas colhidas aos 150 dias, possivelmente devido a alta taxa de conversão da mentona para mentol. Em ambos os anos, o conteúdo total de mentol foi maior nas plantas colhidas aos 120 e 135 dias, tendo a mentona apresentado comportamento inverso.

De acordo com Mann (1995), os metabólitos isolados de fontes naturais não são necessariamente aqueles que estão presentes nos tecidos vivos. Os processos

de extração e purificação causam mudanças químicas devido a exposição ao oxigênio, solventes, mudanças de pH, entre outros fatores. Processos de infecção microbiana também podem conduzir à produção de diferentes metabólitos, sendo a presença de determinados metabólitos característica do estado orgânico em que se encontra o organismo.

Segundo Maia (1998) ocorrem variações químicas e físicas dos componentes do óleo essencial de menta, por se tratar de mistura de compostos de diversas naturezas que a planta acumula a taxas específicas. Essas taxas e, conseqüentemente os teores das substâncias presentes no óleo, são muito dependentes de fatores ambientais. Por isto, plantas desenvolvidas sob diferentes condições podem conter óleos com características diferentes.

Gershenzon, et al. (2000), estudando a regulação da acumulação dos monoterpenos em folhas de *M. piperita* L., cultivadas em câmara de crescimento e analisadas a partir dos 21 dias, em cromatografia a gás, observaram um aumento na acumulação de monoterpenos nas folhas dos 12 aos 20 dias após o início das análises, coincidindo com o pico na biossíntese dos monoterpenos. Após este período, a proporção de limoneno, mentofurano, mentona e pulegona diminuíram com a idade das folhas, enquanto que, mentol, 1,8-cineol e neomentol aumentaram. O maior constituinte encontrado, mentona, aumentou de 36% aos 5 dias para 75% aos 15 dias, diminuindo para 10% aos 55 dias da análise. Foram encontrados traços (tr) de teor de mentol até os 15 dias, aos 55 dias da análise foi detectado 54% de mentol.

4.3.1 Técnica de extração - Hidrodestilação ou Clevenger

O princípio dessa técnica é a ação da pressão de vapor. O material, em quantidade entre 50 a 150 g, é colocado junto com água em um balão, que é aquecido a seguir. A água no estado de vapor arrasta os constituintes voláteis, que são condensados e coletados em um dosador, medindo-se dessa forma, a quantidade de óleo extraído em mililitros (mL). A extração termina em cerca de uma hora (SILVA apud SIMÕES & SPITZER, 2000).

4.3.2 Cromatografia gasosa acoplada a espectrômetro de massas (CG-EM)

A metodologia mais utilizada na análise de óleos essenciais tem sido a cromatografia gasosa que permite, além da quantificação de compostos por meio de adição de padrões internos ou da construção de curvas de calibração, a identificação de compostos presentes no óleo por comparação do espectro gerado com a biblioteca do próprio equipamento (FALKENBERG, 1999).

O uso de um espectrômetro de massas acoplado ao cromatógrafo gasoso (CG-EM) permite a identificação de quase todos os compostos a nível de microgramas, entretanto, seu uso é limitado pelo alto custo do equipamento. O CG-EM consta de um cromatógrafo gasoso, uma interfase para ligação de ambos sistemas, uma câmara de ionização onde os íons são formados, uma câmara mantida sob vácuo onde ocorre a separação dos mesmos e um sistema de detecção dos íons e interpretação dos dados obtidos.

4.4 Análise de crescimento

Segundo Magalhães (1986), a análise de crescimento descreve as condições morfofisiológicas da planta, em diferentes intervalos de tempo, permitindo acompanhar a dinâmica da produtividade, avaliada por variáveis fisiológicas e bioquímicas. É um método que pode ser utilizado para investigação do efeito de fenômenos ecológicos sobre o crescimento, como adaptabilidade das espécies a ecossistemas diversos, efeitos de competição, diferenças genótípicas da capacidade produtiva e influência de práticas agronômicas sobre o crescimento.

A análise de crescimento se baseia, fundamentalmente, no fato de que cerca de 90%, em média, da matéria seca acumulada pelas plantas ao longo do crescimento, resulta da atividade fotossintética. O restante, resulta da absorção de nutrientes minerais,

indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento vegetal. Embora quantitativamente de menor expressão, os nutrientes minerais são indispensáveis ao crescimento e desenvolvimento vegetal (BENINCASA, 1988).

Leal (2001) cultivando *Mentha piperita* L., em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio, determinou a razão de área foliar, a área foliar específica, a taxa assimilatória líquida e a taxa de crescimento relativo e observou que aumentando os níveis de nitrogênio na solução nutritiva diminuiu o valor dos índices fisiológicos.

4.5 Nutrição mineral

A avaliação da atuação dos adubos minerais na cultura da menta demonstra que o nitrogênio ajuda seu desenvolvimento, promovendo resistência ao frio e às moléstias. O potássio atua na formação dos ésteres, que conferem o aroma ao óleo. O fósforo e o cálcio não apresentam destacada importância, não sendo solicitados em doses maciças mas apenas, como ligeiros corretivos (INSTITUTO CAMPINEIRO, 1981).

O potássio é um elemento essencial, sendo o cátion mais importante, tanto em relação ao seu conteúdo nos tecidos dos vegetais como em relação às suas funções bioquímicas e fisiológicas. A direção do seu transporte ocorre muitas vezes em direção aos tecidos jovens, ocorrendo portanto, redistribuição das partes mais velhas para as mais jovens. (MENGEL & KIRKBY, 1987).

As folhas velhas são ricas em potássio, apenas se as plantas recebem o suficiente, assim como, quando altas quantidades de potássio são disponibilizadas, como em culturas hidropônicas, ou quando grandes quantidades são aplicadas como fertilizantes (BERGMANN, 1992).

Wilkinson (1994) refere que o potássio ativa reações enzimáticas do tipo fósforo-transferase envolvendo as enzimas acetato-quinase, acetil-tioquinase, carbonil-fosfato-sintetase, piruvato-quinase e reações de hidrólise. Promove a síntese da ribulose-bifosfato-carboxilase, a qual afeta a taxa de assimilação do CO₂. É essencial na ativação da

ATPase, necessária para a troca de nutrientes e metabólitos entre o apoplasto e o simplasto. Em casos de severa deficiência de potássio, ocorre a acumulação de grupos aminas tais como a putrescina. Os cloroplastos de folhas deficientes em potássio contêm reduzida atividade nas enzimas do ciclo de Calvin.

Em plantas deficientes em potássio, ocorrem ainda mudanças químicas que incluem a acumulação de carboidratos solúveis, a diminuição do conteúdo de amido e a acumulação de compostos solúveis nitrogenados (MARSCHNER, 1995).

Depois do nitrogênio (N), o potássio (K) é o nutriente mais requerido pela maioria das plantas. A necessidade de K para otimizar o crescimento das plantas é de 2 a 5% da massa seca da parte vegetativa, frutos carnosos e tubérculos. Quando o K está deficiente, o crescimento é retardado, ocorrendo, conforme citado anteriormente, maior redistribuição de K a partir das folhas e hastes mais velhas e, sob deficiência severa, estes órgãos tornam-se cloróticos e necróticos (MARSCHNER, 1995). Segundo Kochian (2000), o potássio é o cátion mais abundante nas células com concentrações citoplasmáticas reguladas entre 80 e 200 mM e concentrações totais no tecido de aproximadamente 20 mM.

Sinha & Singh (1984) referem que a omissão de potássio no cultivo de *Mentha arvensis* L. em solução nutritiva, influenciou o metabolismo do nitrogênio, a taxa de respiração e o teor de óleo essencial. Nessas condições, as plantas apresentaram redução da área foliar, acúmulo de nitrogênio amoniacal e redução da produção do óleo essencial por planta e por área cultivada, a partir de 60 dias após o plantio. O aumento do teor de N deveu-se ao aumento de substâncias amoniacais nas folhas deficientes em K.

Salvador et al. (1998), utilizando solução nutritiva de Hoagland e Arnon (1950), estudou a deficiência nutricional em mudas de goiabeira (*Psidium guajava*), omitindo simultaneamente dois nutrientes da solução. Com relação ao potássio, os tratamentos foram -NK, -KS, -KP e -K. Os sinais da deficiência de K foram observados nas folhas e nervuras que tornaram-se vermelhas, formando manchas sobre um fundo verde opaco. A partir da base em direção à ponta iniciou-se uma clorose que envolveu as áreas internervais, intensificando-se para lesões necróticas. Comparando a média de massa seca das plantas submetidas ao tratamento completo com aquelas nutridas com omissão de K, observou-se redução de caule, folha e raiz, em nível de 37%.

Maia (1998) cultivando *Mentha arvensis* L., observou que a omissão de potássio na solução nutritiva resultou em plantas com menor desenvolvimento, com hastes menores, poucas brotações laterais e menor número de folhas. No início do desenvolvimento, as folhas apresentaram-se arredondadas, com pouca pilosidade e mais brilhantes, ocorrendo manchas necróticas, com cerca de 1 mm de diâmetro, por todo o limbo. Quarenta dias após o plantio, as manchas das folhas mais velhas aumentaram de tamanho, evoluindo para necrose.

Leal (2001) trabalhando com *Mentha piperita* L. em solução nutritiva nº 2 com diferentes níveis de nitrogênio, concluiu que níveis de nitrogênio maiores que o recomendado na solução usada, interferiu no desenvolvimento das plantas, diminuindo a produção e a qualidade do óleo essencial.

Mota et al. (2001) testou em alface-americana (*Lactuca sativa* L.) o efeito do cloreto de potássio via aplicação foliar. As doses aplicadas foram de 0, 50, 100, 200 e 300 Kg ha⁻¹ de KCl. Para o número médio e massa de folhas externas e comprimento de caule, não houve influência das doses de KCl aplicadas. Doses acima de 200 Kg ha⁻¹ KCl foram prejudiciais à produção de alface, diminuindo a produção total (t ha⁻¹) e produção comercial de cabeça (t ha⁻¹).

Santos et al. (2002) avaliaram a cultura da alfavaca (*Ocimum basilicum*) em sistema de cultivo hidropônico com fluxo laminar de nutrientes. Utilizou-se a solução nutritiva proposta por Furlani (1999) nas concentrações de 50%, 75%, 100% e 125%. Os resultados indicaram que a alfavaca deve ser cultivada na concentração padrão (100%).

Rodrigues et al. (2002) testaram o efeito da relação NO₃⁻:NH₄⁺ e concentrações de potássio na solução nutritiva sobre o crescimento da *M. piperita* L., em experimento conduzido por 65 dias após o transplante. Os autores usaram duas relações NO₃⁻:NH₄⁺, 50:50 e 93:7 e cinco concentrações de potássio, 20, 40, 80, 160 e 240 mg L⁻¹. As variáveis medidas foram massa seca total, massa seca de parte aérea e massa seca de raízes. Os resultados observados mostraram que a relação NO₃⁻:NH₄⁺ igual a 50:50, além de proporcionar menor crescimento da planta, impediu a manifestação do efeito das concentrações de potássio, só observado na relação 93:7. Os resultados revelaram a intolerância da espécie à elevadas concentrações de NH₄⁺, bem como o efeito inibitório à

absorção do K^+ . Os autores concluíram que, para um adequado crescimento da espécie, deve-se evitar a aplicação de elevadas doses de $N-NH_4^+$ e fornecer quantidades adequadas de potássio.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no laboratório e em casa de vegetação do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências de Botucatu – UNESP e no laboratório do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus Botucatu - SP.

As médias das temperaturas máxima e mínima registradas na casa de vegetação, no período de 28 de outubro de 2002 a 24 de fevereiro de 2003, em aparelho termohigrógrafo, foram iguais a 29°C e 15°C, respectivamente. Em dias muito quentes registrou-se temperaturas máximas de 36°C.

5.2 Material vegetal

As mudas de *Mentha piperita* L. foram obtidas de matrizes cultivadas durante 120 dias em solução nutritiva nº 2 de Hoagland e Arnold (1950), em casa de vegetação, localizada no Departamento de Botânica do Instituto de Biociências de Botucatu –

UNESP. As mudas que originaram essas matrizes foram obtidas de plantas cultivadas no Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Campus Botucatu - SP.

Rizomas das matrizes selecionadas foram divididos em frações contendo 3 nós e colocados para enraizar em bandejas de polioretano, com 128 alvéolos, contendo substrato comercial. A seguir, as bandejas foram levadas para câmara de nebulização, com 50% de sombreamento e irrigações controladas por temporizador.

A transferência das mudas para o cultivo hidropônico foi realizada com 30 dias e, nesta ocasião, apresentavam, em média, comprimento da parte aérea igual a 13,3cm e comprimento de raiz principal igual a 12,9cm.

Antes da transferência, as mudas foram lavadas em água corrente para retirada do substrato aderido às raízes. Durante o tempo de lavagem foram mantidas em água continuamente arejada.

Para a fixação das plantas foram utilizadas placas de isopor com 2 cm de espessura e 20cm de largura, furadas nos locais em que as plantas deveriam ser fixadas, com distância de 20cm entre elas. Para firmar a planta no local furado, foi usado restos de isopor. O isopor também teve a função de impedir a passagem de luz nos canais de cultivo, evitando desse modo, o desenvolvimento de algas.

5.3 Cultivo das plantas em solução nutritiva por meio da técnica do filme de nutrientes (NFT)

Segundo Furlani et al.(1999), o sistema NFT é composto basicamente de um tanque de solução nutritiva, de um sistema de bombeamento, de canais de cultivo e de um sistema de retorno ao tanque de solução nutritiva.

A solução foi bombeada aos canais e escoou por gravidade formando uma fina lâmina que umedeceu as raízes, permitindo a absorção. Como tanques reservatórios foram utilizadas caixas d'água com capacidade para 500 L de solução.

O sistema de bombeamento teve a função de conduzir a solução às bancadas, em quantidade suficiente para irrigar as raízes. Este sistema utilizou moto-bombas com potência de 1/3 CV e rotação de 3600 rpm. Junto à bomba foi instalado um temporizador que, acionado por uma chave controladora, permitiu que a solução circulasse em intervalos determinados.

As plantas se desenvolveram em três bancadas com três canais de cultivo em cada uma. Os canais de cultivo eram constituídos de telhas de cimento-amianto, tipo calheta, por onde a solução nutritiva circulava. As telhas foram revestidas com filme plástico preto para evitar o contato da solução nutritiva com o cimento-amianto e prevenir vazamentos. As bancadas, que serviram de base de sustentação, estavam a 1,10m de altura, medindo 1,10m de largura e 9,00 m de comprimento, correspondendo a uma área útil de 9,90 m². Nessa área foram cultivadas 135 plantas, totalizando 405 plantas nas três bancadas. A bancada apresentava um desnível de 3%, permitindo assim que a solução nutritiva percorresse todo o canal.

Ao final de cada bancada, haviam três calhas que recebiam a solução nutritiva oriunda dos canais de cultivo e a conduziam de volta ao tanque reservatório através do sistema de retorno.

Desse modo, as plantas de menta foram cultivadas em solução nutritiva (NFT), que segundo Staff (1998) é um método de produção no qual a planta desenvolve seu sistema radicular parcialmente submerso em um fluxo de água reciclada, com todos os nutrientes essenciais.

Como não há relatos de soluções nutritivas padrões para a espécie em estudo, nas condições climáticas locais foi utilizada a solução nº 2 de Hoagland e Arnon, com variação dos níveis de potássio.

Assim, as plantas de *Mentha piperita* L., foram cultivadas em 3 diferentes tratamentos, constituídos pela variação do nível de potássio na solução nutritiva. Para o tratamento 1 utilizou-se a solução nutritiva completa nº 2 de Hoagland & Arnon (1950). No tratamento 2 a solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950) foi usada diminuindo-se em 50% o nível de potássio. No tratamento 3 a solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950) utilizada teve o nível de potássio reduzido em 75%, conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Tratamentos a que foram submetidas as plantas de *Mentha piperita* L. durante seu ciclo de desenvolvimento. Compostos utilizados, soluções estoque (g L^{-1}), composição das soluções nutritivas (ml L^{-1}), e quantidade de potássio fornecido (mg L^{-1}). (*)Nível de Potássio fornecido até a 1^a colheita; (**) após a 1^a colheita.

Tratamento Solução Nutritiva	Composto	Solução Estoque g L^{-1}	Solução nutritiva mL L^{-1}	Potássio mg L^{-1}	
T1 (Completa)	Macronutrientes				
	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (M)	115,00	1	117,00*/234,00**	
	KNO_3 (M)	101,10	6		
	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (M)	236,16	4		
	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (M)	246,50	2		
	Micronutrientes (1)			1	
	H_3BO_3	2,86			
	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1,81			
	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,22			
	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,08			
	$\text{H}_2\text{MoO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0,02			
	Solução Fe (2)			1	
	Fe-EDTA	26,10			
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	24,90				
T2 (T1 – 50%K)	KNO_3 (M)	101,10	3	58,50*/117,00**	
Reposição: N	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (M)	236,16	1,5		
T3 (T1 – 75%K)	KNO_3 (M)	101,10	1,5	29,25*/58,50**	
Reposição: N	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (M)	236,16	2,25		

(M) = Molar; (1) diluição em água destilada, volume completado a 1 litro; (2) Diluição em 700 ml de água destilada contendo 268 ml de NaOH (40g/L) e volume completado a 1 litro.

A partir da data de transplante, no dia 25 de outubro, até a primeira colheita, realizada no dia 14 de novembro de 2002, em que as plantas apresentavam 21 dias, todos os tratamentos tiveram suas soluções diluídas em 50%, com o objetivo de evitar toxicidade, conforme observado por Leal (2001), que verificou sinais de necrose das margens e pontas das folhas, com murchamento e queda das mesmas. Assim, no tratamento T1 as plantas foram submetidas a 117 mg K L^{-1} até a 1ª colheita e a 234 mg L^{-1} , a seguir. No tratamento T2 as plantas receberam $58,5 \text{ mg K L}^{-1}$ até a 1ª colheita e 117 mg L^{-1} , a seguir. No tratamento T3 as plantas foram cultivadas com $29,25 \text{ mg L}^{-1}$ no início e $58,5 \text{ mg L}^{-1}$, a partir da 1ª colheita.

A avaliação do pH e da condutividade elétrica da solução nutritiva foi realizada diariamente com amostras coletadas nos tanques dos tratamentos e seus valores seguiram as especificações de Carmello (1992) e Furlani et al. (1999).

Segundo Furlani et al. (1999) o pH adequado para o cultivo de plantas no sistema NFT está entre 6,0 e 6,5. A condutividade elétrica da solução foi mantida entre $1,5$ e $2,5 \text{ mS cm}^{-1}$ (CARMELLO, 1992). A troca de solução foi realizada sempre que a condutividade apresentou valor abaixo de $1,5 \text{ mS cm}^{-1}$.

A solução nutritiva foi preparada com água destilada, em caixas de água de cimento-amianto, com capacidade para 500 L. Os sais foram diluídos em 250 L de água. O volume do reservatório foi completado, com água destilada, sempre que esteve abaixo da marca correspondente aos 250 L.

Para minimizar o efeito das elevadas temperaturas, colocou-se sombrite malha 50 sobre a cobertura plástica da estufa. O sombrite, mantido até os 15 dias após o transplante, foi retirado quando as plantas estavam maiores e mais resistentes.

5.4 Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com três repetições, em parcelas subdivididas com três diferentes níveis de potássio e cinco épocas de colheita, realizadas aos 21, 42, 63, 84 e 105 dias após o transplante.

Para a análise do óleo essencial o delineamento foi em blocos casualizados com três repetições, em parcelas subdivididas com três diferentes níveis de potássio e em três épocas de colheita, realizadas aos 60, 105 e 120 dias após o transplante.

Antes da instalação das calhas de retorno da solução nutritiva para os tanques reservatórios, fez-se um sorteio que determinou a distribuição dos tratamentos com os três diferentes níveis de potássio, conforme pode ser observado na Figura 3.

Por ocasião da instalação do experimento, foi realizado um sorteio, ao acaso, das colheitas, em cada uma das repetições, evitando-se assim, a colheita de plantas vizinhas em épocas sucessivas, conforme visto no esquema de colheitas da Figura 4. Assim, em cada colheita, para analisar crescimento e desenvolvimento, era descartada a planta de bordadura e colhia-se quatro plantas seguidas, deixando a quinta planta como bordadura. Para o óleo essencial, não era colhida a bordadura colhendo-se as cinco plantas seguintes, deixando a sexta planta como bordadura.

Em cada repetição, as variáveis avaliadas resultaram da média de quatro plantas. Observações de sinais visuais das plantas submetidas aos diferentes tratamentos foram feitas diariamente.

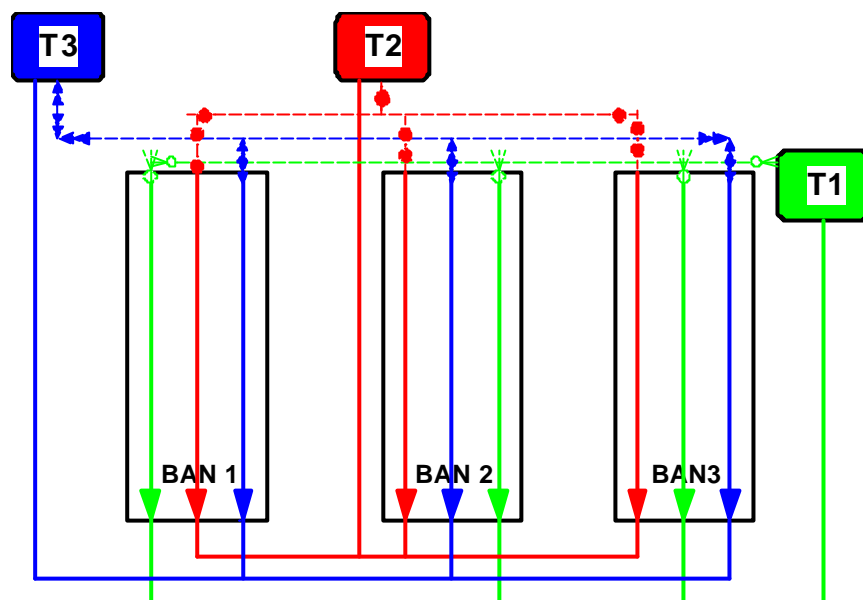


Figura 3. Distribuição dos tratamentos, constituídos pelos três diferentes níveis de potássio, nas bancadas, em casa de vegetação, em que foram cultivadas plantas de *Mentha piperita* L. em solução nutritiva. T1=117,00/234,00 mg K L⁻¹, T2=58,50/117,00 mg K L⁻¹, T3=29,25/58,50 mg K L⁻¹. BAN=Bancada.

Sentido do retorno do sistema										
T1	T2	T3		T2	T3	T1		T2	T1	T3
OE 3 ^a	AC 2 ^a	AC 2 ^a	C	OE 2 ^a	AC 2 ^a	AC 5 ^a	C	OE 1 ^a	OE 2 ^a	AC 4 ^a
OE 2 ^a	AC 3 ^a	AC 4 ^a	O	OE 3 ^a	OE 2 ^a	AC 3 ^a	O	OE 3 ^a	OE 3 ^a	AC 3 ^a
AC 3 ^a	AC 5 ^a	AC 3 ^a	R	AC 2 ^a	OE 1 ^a	AC 4 ^a	R	OE 2 ^a	AC 5 ^a	OE 1 ^a
AC 5 ^a	AC 1 ^a	OE 2 ^a	R	AC 1 ^a	AC 4 ^a	AC 1 ^a	R	AC 1 ^a	AC 4 ^a	OE 3 ^a
AC 1 ^a	OE 3 ^a	AC 1 ^a	E	AC 4 ^a	AC 3 ^a	AC 2 ^a	E	AC 4 ^a	OE 1 ^a	OE 2 ^a
AC 4 ^a	AC 4 ^a	OE 1 ^a	D	AC 5 ^a	AC 1 ^a	OE 1 ^a	D	AC 2 ^a	AC 3 ^a	AC 1 ^a
OE 1 ^a	OE 2 ^a	OE 3 ^a	O	AC 3 ^a	AC 5 ^a	OE 3 ^a	O	AC 5 ^a	AC 2 ^a	AC 5 ^a
AC 2 ^a	OE 1 ^a	AC 5 ^a	R	OE 1 ^a	OE 3 ^a	OE 2 ^a	R	AC 3 ^a	AC 1 ^a	AC 2 ^a

Sentido do abastecimento do sistema

AC = Análise de Crescimento

OE = Óleo Essencial

As células traçadas na diagonal representam as plantas colhidas na 1^a colheita e que foram submetidas ao T1 (234 mg L⁻¹ de K).

Figura 4. Esquema simplificado da distribuição de plantas de *Mentha piperita* L., submetidas a diferentes níveis de potássio e avaliadas segundo as variáveis que compõem a análise de crescimento (AC) e extração de óleo essencial (OE), em diferentes colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. T1=117,00/234,00 mg K L⁻¹, T2=58,50/117,00 mg K L⁻¹, T3=29,25/58,50 mg K L⁻¹.

5.5 Tratos fitossanitários

A partir dos 30 dias após o transplante, a presença de pulgões foi contornado com aplicações semanais da mistura de água mais fumo de corda, nas plantas, de acordo com as prescrições de Abreu Júnior (1998).

A presença de ácaro branco e ácaro vermelho foi contornado com aplicações de 5-O-dimetilavermectin A1a(5-O-dimetil)-25-(1-metiletil) avermectin A1a (Vertimec) na concentração de 0,5 mL L⁻¹. Usou-se espalhante Alquil-Fenol-Poliglicoleter (Extravon) na concentração de 0,2 mL L⁻¹, permitindo uma melhor aderência do produto às folhas. Foi realizada uma aplicação em toda a área aos 90 dias após o transplante. Fez-se monitoramento diário e mais duas aplicações foram realizadas com intervalo de quinze dias entre elas, somente nas plantas que apresentavam sinais do ataque de ácaros.

A ocorrência de lagartas foi solucionada com catação manual do inseto, feita diariamente nos pontos onde eram observados danos.

5.6 Preparo do material para a determinação de variáveis fisiológicas

Em todas as colheitas, as quatro plantas de cada repetição, dos tratamentos com diferentes níveis de potássio, após a determinação de seus comprimentos e massa fresca de parte aérea foram separadas em raízes, caules mais pecíolos e lâminas foliares. Todos os órgãos, inclusive as lâminas foliares, após a determinação da área foliar, foram acondicionados em sacos de papel etiquetados e colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar, a uma temperatura entre 60 e 70°C, até obtenção de massa constante.

Após a secagem completa, o material foi pesado em balança analítica Ohaus tipo Analytical Standard, para determinação de sua massa seca.

5.7 Variáveis avaliadas

5.7.1 Comprimento de parte aérea

Definido como a distância, em centímetros, do colo da planta até seu ponto mais alto. O comprimento da parte aérea representa a média dos comprimentos das quatro plantas avaliadas.

5.7.2 Área foliar

A área foliar foi determinada em um medidor de área foliar, área meter, modelo LI 3100, e expressa em decímetros quadrados. A área foliar foi definida como a média das áreas de todas as lâminas foliares das quatro plantas.

5.7.3 Massa seca

A massa seca de cada órgão, ou seja, de raízes, caules, pecíolos e lâminas foliares, foi definida como o seu peso, expresso em gramas. A massa seca total correspondeu à soma das massas de todos os órgãos existentes, em cada colheita. Na parcela, a massa seca foi definida como a média das massas das quatro plantas.

5.7.4 Índices fisiológicos da análise de crescimento

As variáveis área foliar, massa seca de lâminas foliares e massa seca total das plantas foram ajustadas em relação ao tempo, ou seja idade das plantas, para se proceder à estimativa dos índices fisiológicos, razão de área foliar (RAF), área foliar

específica (AFE), taxa assimilatória líquida (TAL) e taxa de crescimento relativo (TCR), pelo programa computacional ANACRES, de acordo com as especificações de Portes & Castro Júnior (1991). A razão de massa foliar e a distribuição de massa seca foram calculadas de acordo com Benincasa (1988). Assim, foram calculados os índices que se seguem.

- **Razão de área foliar (RAF)**

A razão de área foliar expressa a área foliar útil para fotossíntese (BENINCASA, 1988) e foi obtida a partir dos valores instantâneos de área foliar (AF), área responsável pela interceptação de energia luminosa, e massa seca total (MST), resultado da fotossíntese, segundo a equação:

$$\text{RAF (dm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)} = \frac{\text{AF}}{\text{MST}}$$

- **Área foliar específica (AFE)**

Reflete o inverso da espessura da folha (BENINCASA, 1988) e foi obtido pela razão entre a área foliar (AF) e a massa seca de folhas (MSF).

$$\text{AFE (dm}^2 \text{ g}^{-1}\text{)} = \frac{\text{AF}}{\text{MSF}}$$

- **Taxa assimilatória líquida (TAL)**

A taxa assimilatória líquida que expressa a taxa de fotossíntese líquida, em termos de massa seca produzida, em gramas, por decímetro quadrado de área foliar, por unidade de tempo (BENINCASA, 1988) foi obtida pela seguinte equação.

$$\text{TAL (g dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}) = \frac{(b + 2ct).a.e^{(bt+ct^2)}}{a_1.e^{(b_1+c_1t^2)}}$$

- **Taxa de crescimento relativo (TCR)**

A taxa de crescimento relativo de uma planta ou de qualquer órgão da planta é função do tamanho inicial, isto é, o aumento em gramas, no caso de massa seca, está relacionado ao peso de massa seca no instante em que se inicia o período de observação (BENINCASA, 1988). Esta taxa foi calculada pela equação.

$$\text{TCR (g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}) = d \ln \frac{a.e^{(bt+ct^2)}}{dt}$$

5.7.5 Avaliação do óleo essencial

Para a análise do óleo essencial foi utilizada a metodologia de extração por hidrodestilação. Segundo Simões & Spitzer (2000) os óleos voláteis possuem tensão de vapor mais elevada do que o da água, sendo, por isso, arrastados pelo vapor d'água.

A parte aérea das plantas de *Mentha piperita* L., constituída pelo caule mais pecíolo e lâminas foliares, foram colhidas, obtida a massa fresca total sendo colocadas para secar em estufa de aeração forçada a temperatura constante de 40°C até obtenção de massa seca constante. De acordo com Silva & Casali (2000), a secagem visa impedir a deterioração do material por meio da redução do teor de água, atuando negativamente na ação das enzimas pela desidratação, permitindo assim, a conservação da planta por mais tempo. Além disso, eliminando-se a água, aumenta-se o percentual de princípios ativos em relação a massa.

Após a determinação da massa seca, o material foi colocado em aparelho de destilação do tipo Clevenger para a hidrodestilação, no laboratório de óleos essenciais do referido Departamento.

Assim, 100 gramas de massa seca de parte aérea de *Mentha piperita* L. foram colocadas em balão de fundo chato com capacidade de 2000mL, adicionando-se água até cobrir a amostra, que em seguida foi aquecido. Após 30 minutos iniciou-se a destilação, que foi completada aos 150 minutos. O rendimento do óleo essencial foi medido em mL 100 g⁻¹ de massa seca.

A determinação da composição do óleo essencial e a cromatografia foram realizadas no Centro de Genética, Biologia Molecular e Fitoquímica do Instituto Agrônomo de Campinas, em Campinas - SP.

A composição química dos óleos essenciais foi avaliada por análise cromatográfica em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrometria de massas (CG-EM), marca Shimadzu modelo QP-5000 dotado de coluna capilar DB-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm), gás de arraste Hélio (fluxo 1,0 mL/min.), injetor a 240°C e detector a 230°C na seguinte programação: 50°C(5') – até 160°C, 3°C por minuto; 160°C – 220°C, 10°C por minuto, split 1/35. Diluição de 2 mg de óleo em 1 mL de Acetato de Etila; volume injetado de 1 µL. Para a identificação das substâncias, os seus espectros de massa foram comparados aos do banco de dados do sistema CG-EM (Nist. 62 Libr.) e literatura (McLAFFERTY et al., 1989), determinando-se o índice de retenção de Kovats, comparando os mesmos com os citados na literatura (ADAMS, 1995).

5.8 Avaliação estatística dos resultados

Os resultados de comprimento de parte aérea, massa fresca de parte aérea, área foliar, massa seca dos diversos órgãos e total das plantas e produção de óleo essencial, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, segundo as especificações de Zar (1986), utilizando-se o nível de 5% de significância. Esses resultados foram apresentados em tabelas e seguidos de letras maiúsculas que, na vertical, comparam médias entre os tratamentos com os diferentes níveis de potássio, em cada colheita. A análise de variância foi realizada pelo programa computacional ESTAT (UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 19..).

Os resultados dos índices fisiológicos, que compõem a análise de crescimento, constam de tabelas e foram estimados pelo programa ANACRES, após ajuste da área foliar e massa seca em relação ao tempo, de acordo com as especificações de Portes & Castro Júnior (1991), utilizando-se a equação exponencial quadrática.

A escolha da equação exponencial quadrática para o ajuste está de acordo com as considerações de Portes & Castro (1991), como uma das equações que melhor se ajusta aos conjuntos de dados das variáveis avaliadas. Neste caso, se encontram o comprimento da parte aérea, a área foliar, a massa seca total, de caule mais pecíolo, da raiz, das lâminas foliares, a razão de área foliar, a área foliar específica, a taxa assimilatória líquida e a taxa de crescimento relativo.

Uma demonstração parcial de várias etapas do presente estudo é mostrada através da Figura 5.



Figura 5. Etapas da condução do experimento com *Mentha piperita* L. No detalhe: A – Disposição das plantas na casa de vegetação na data da instalação do experimento (25/10/2002); B - Plantas de *M. piperita* L. aos 15 dias após transplante (DAT); C – Aos 21 DAT (1ª colheita); D – Aos 30 DAT; E – Aos 90 DAT; F – Aos 100 DAT, florescimento isolado.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Comprimento da parte aérea

A variação do comprimento de parte aérea de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 6.

O comprimento da parte aérea, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se mais baixo nas plantas submetidas ao menor nível de potássio, e maior naquelas nutridas com nível intermediário.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 2, revela que o maior comprimento de parte aérea foi observado nas plantas submetidas aos níveis de potássio 58,50/117,00 mg L⁻¹, seguido pelos níveis 117,00/234,00 mg L⁻¹ e 29,25/58,50 mg L⁻¹.

Tomando-se como referência o comprimento da parte aérea de plantas submetidas ao tratamento testemunha com 117,00/234,00 mg K L⁻¹, observa-se que não houve efeito da variação desse nutriente. Estes resultados discordam daqueles encontrados por Santos et al. (2002), que cultivaram *Ocimum basilicum*, em soluções nutritivas modificadas quanto às dosagens de seus nutrientes para 50, 75 e 125% e observaram as maiores alturas nas plantas cultivadas em solução nutritiva completa (100%).

Também discordam dos resultados verificados para *Mentha arvensis* L. var. *piperascens*, em que Sinha & Sing (1984) observaram redução do crescimento das plantas quando o potássio estava em deficiência, devido a alteração do metabolismo do nitrogênio. Deve-se, no entanto, ressaltar que no presente estudo, os níveis mais baixos de potássio não foram deficientes.

As plantas mantiveram seu crescimento até o final do experimento. Comparando pela média das colheitas, aos 42 dias após o transplante as plantas apresentavam 75,60 cm e, aos 105 dias após o transplante 137,27 cm. Observa-se que em 42 dias as plantas tiveram o maior incremento no comprimento da parte aérea, representando 55% do total, demorando mais 63 dias para atingir o comprimento analisado.

Experimentos realizados a campo por Czepak (1998), cultivando *Mentha arvensis* L. e realizando colheitas frequentes, revelaram plantas com altura máxima de 100 cm aos 120 dias a partir do transplante. O mesmo autor cita Britten e Basford (1986), que referiram que as temperaturas ótimas para o crescimento da menta são iguais às diurnas de 30°C e noturnas de 18°C. No presente estudo foi cultivada em faixa de temperatura considerada adequada para o gênero uma vez que a média das temperaturas máximas foi de 29°C e das mínimas de 19°C.

Tabela 2. Análise de variância e comparação entre médias de comprimento de parte aérea (cm), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
14,74*	85,80*	0,56 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L ⁻¹) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹					Média Nível de K
	1 ^a (21)	2 ^a (42)	3 ^a (63)	4 ^a (84)	5 ^a (105)	
117,00 / 234,00	28,82	82,61	102,33	119,48	138,92	94,43 AB
58,50 / 117,00	29,19	88,97	116,55	132,55	142,47	101,94 A
29,25 / 58,50	29,21	67,22	86,52	112,53	130,43	85,18 B
Média	29,07	79,60	101,80	121,52	137,27	93,85

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

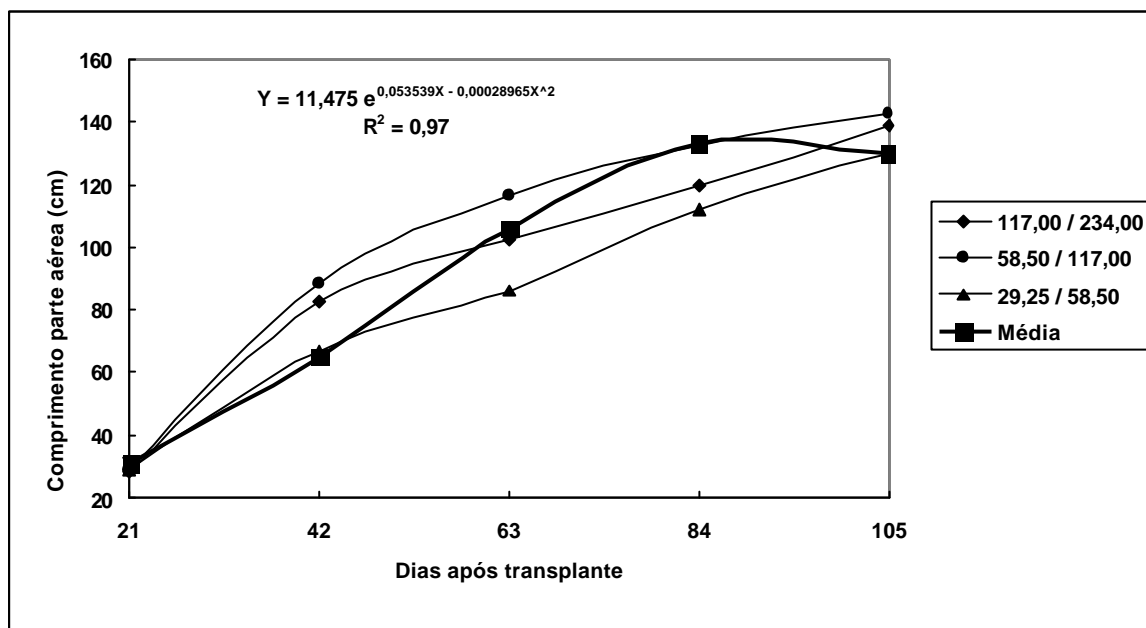


Figura 6. Comprimento da parte aérea (cm) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L^{-1} , nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita / após a 1ª colheita.

6.2 Área foliar

A variação da área foliar de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 7.

A área foliar, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência a manter-se mais baixa nas plantas submetidas aos menores níveis de potássio, e maior naquelas com nível intermediário.

A comparação de médias entre tratamentos que pode ser observada na Tabela 3, revela que os diferentes níveis de potássio não interferiram na área foliar. Entre os 63 e 84 dias após o transplante, observa-se maior crescimento em todos os tratamentos. As plantas submetidas a tratamento com 29,25/58,50 mg K L⁻¹ apresentaram menor incremento de área foliar. Comportamento semelhante foi verificado por Maia (1998), em plantas de *Mentha arvensis* L. cultivadas em omissão de potássio. Embora no presente estudo, o nível de potássio não tenha representado deficiência, é possível que tenha prejudicado, em algum nível, o desenvolvimento da área foliar dessas plantas.

Praszna & Bernath (1993), ao correlacionarem nutrição e produção de óleo essencial de *Mentha piperita* L, citam Hotyin et al. (1956) e Franz's (1972). Nas observações de Hotyin et al. (1956), existe uma influência positiva do potássio na produção de folhas. Em experimentos com plantas de menta crescendo em vasos, Franz's (1972), verificou que crescentes suplementos de potássio surtiram efeito no crescimento das plantas. Os resultados do presente estudo e os citados pelos autores acima, demonstram que as respostas dependem dos níveis de potássio utilizados.

Tabela 3. Análise de variância e comparação entre médias da área foliar (dm^2), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
1,31 n.s.	21,46*	1,01 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L^{-1}) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹					Média Nível de K
	1 ^a (21)	2 ^a (42)	3 ^a (63)	4 ^a (84)	5 ^a (105)	
117,00 / 234,00	4,24	26,17	30,28	64,74	57,46	36,57
58,50 / 117,00	3,39	28,53	52,12	82,10	60,96	45,42
29,25 / 58,50	3,73	22,57	40,91	42,54	58,73	33,70
Média	3,78	25,76	41,10	63,12	59,05	38,61

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

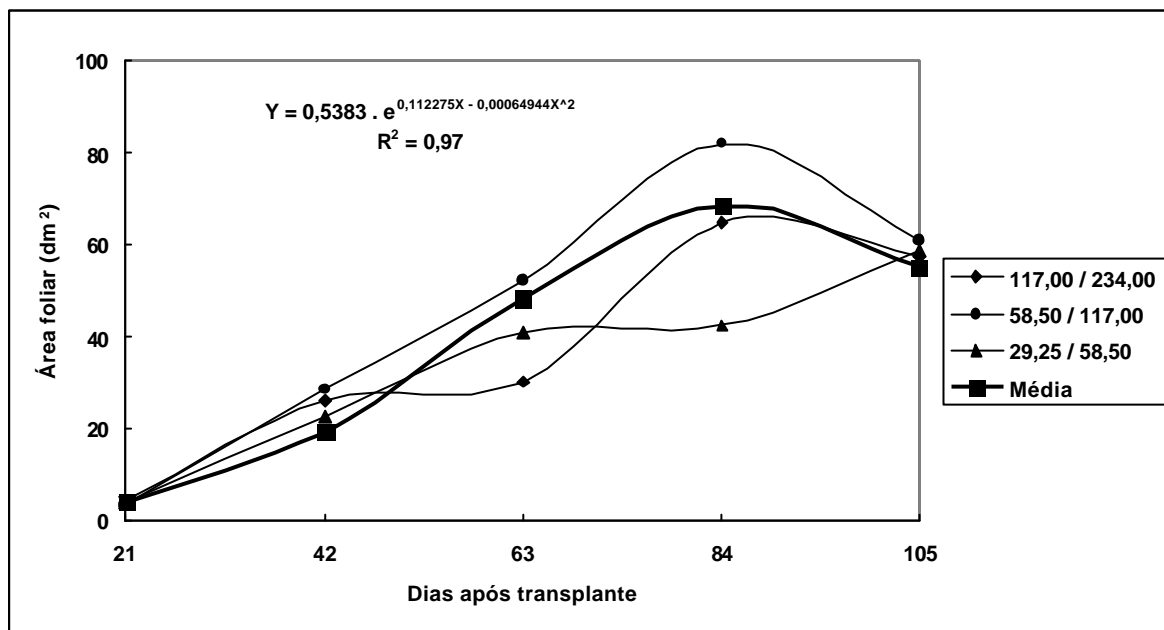


Figura 7. Área foliar (dm²) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita / após a 1^a colheita.

6.3 Massa seca de raízes

A variação da massa seca de raízes de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 8.

A massa seca de raízes, durante o ciclo de desenvolvimento, apresentou, de maneira geral, tendência a manter-se mais baixa nas plantas submetidas ao maior nível de potássio e maior naquelas nutridas com nível intermediário.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 4, revela que os diferentes níveis de potássio não interferiram no aumento da massa seca das raízes. Portanto, tomando-se como referência a massa seca de raízes das plantas submetidas ao tratamento testemunha, 117,00/234,00 mg L⁻¹ de potássio, observa-se que não houve efeito de sua variação.

Quando omitiu o potássio da solução nutritiva, Maia (1998) registrou diminuição da produção de massa seca das raízes. Este comportamento foi observado por Santos et al. (2002), em *Ocimum basilicum*, onde os resultados demonstraram que soluções nutritivas com concentrações diminuídas em 50 e 75% resultam em menor massa seca de raiz.

A literatura refere o potássio como essencial tanto no enraizamento inicial (Soares e Sacramento, 2001), como no crescimento do sistema radicular. Assim, uma vez mais, os resultados do presente estudo demonstram que os menores níveis de potássio avaliados não foram deficientes para as plantas sob as condições do experimento.

Tabela 4. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de raízes (g), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
1,68 n.s.	39,28*	0,40 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L⁻¹)²	Colheita (Dias após transplante)¹					Média Nível de K
	1^a (21)	2^a (42)	3^a (63)	4^a (84)	5^a (105)	
117,00 / 234,00	0,47	5,91	8,31	10,56	17,75	8,60
58,50 / 117,00	0,65	6,96	12,68	13,62	23,31	11,44
29,25 / 58,50	0,44	5,71	7,99	12,17	19,18	9,10
Média	0,52	6,19	9,66	12,12	20,08	9,71

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

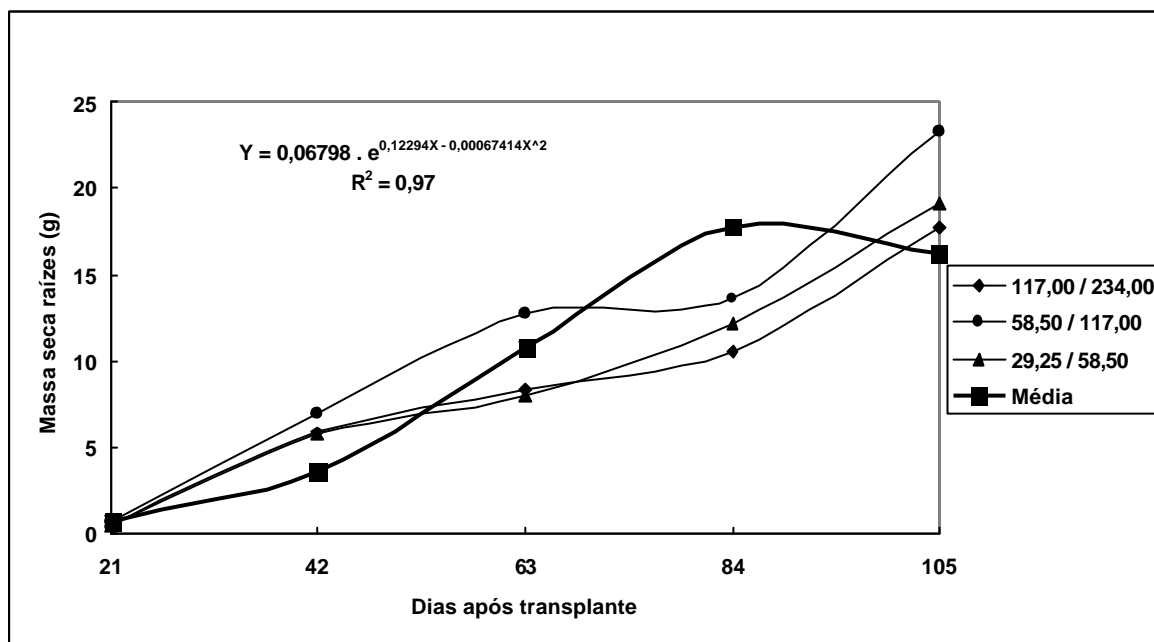


Figura 8. Massa seca de raízes (g) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

6.4 Massa seca de lâminas foliares

A variação da massa seca de lâminas foliares de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada Figura 9.

A massa seca de lâminas foliares, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência a manter-se mais baixa, nas plantas submetidas ao menor nível de potássio, e maior, naquelas com nível intermediário. O comportamento da massa seca de lâminas foliares foi, de maneira geral, semelhante ao da área foliar.

A comparação de médias entre tratamentos que pode ser observada na Tabela 5, revela que os diferentes níveis de potássio não interferiram na massa seca de lâminas foliares. De maneira geral, o maior incremento da massa seca de lâminas ocorreu entre os 21 e 42 dias após o transplante, época em que a planta investe na formação de folhas para captação de luz. Em todas as colheitas observa-se incremento de massa seca de lâminas foliares, comportamento semelhante verificado para massa seca de raízes e caule mais pecíolo. Entre 84 e 105 dias após o transplante, observa-se acúmulo da massa seca de 5%. Leal (2001) obteve entre 84 e 98 dias após o transplante um acúmulo médio de massa seca de lâminas foliares de 2,2% entre as colheitas.

Praszna & Bernath (1993) cultivaram *Mentha piperita* L. em solução nutritiva e observaram que as plantas dos tratamentos com deficiência total de potássio, tiveram uma diminuição de 6,7% da massa seca das folhas, quando comparada ao tratamento completo.

Maia (1998) trabalhando com *Mentha Arvensis* L., observou diminuição da massa seca das lâminas foliares quando omitiu o potássio da solução nutritiva. O autor observou, a partir dos 40 dias após o plantio, necrose nas folhas mais velhas, causadas pela deficiência do potássio. Também em solução nutritiva, Sinha & Singh (1982) observaram em plantas de *Mentha arvensis* L. cultivadas com deficiência de potássio, diminuição do massa seca de lâminas foliares, mais acentuada dos 80 aos 100 dias após o transplante.

Os resultados do presente estudo em que os níveis de potássio na solução nutritiva utilizada não causaram diminuição da massa seca das lâminas foliares, não tendo sido observado nenhum sinal de deficiência comparados aos autores registrados na literatura, permitem sugerir que a diminuição do nível de potássio não foi deficiente para as plantas.

Tabela 5. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de lâminas foliares (g), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
1,08 n.s.	19,28*	0,68 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L ⁻¹) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹					Média Nível de K
	1 ^a (21)	2 ^a (42)	3 ^a (63)	4 ^a (84)	5 ^a (105)	
117,00 / 234,00	1,3	6,51	9,91	16,19	17,97	10,38
58,50 / 117,00	1,25	9,38	14,9	22,77	19,19	13,50
29,25 / 58,50	1,28	6,67	13,52	12,35	16,77	10,12
Média	1,28	7,52	12,78	17,10	17,98	11,33

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

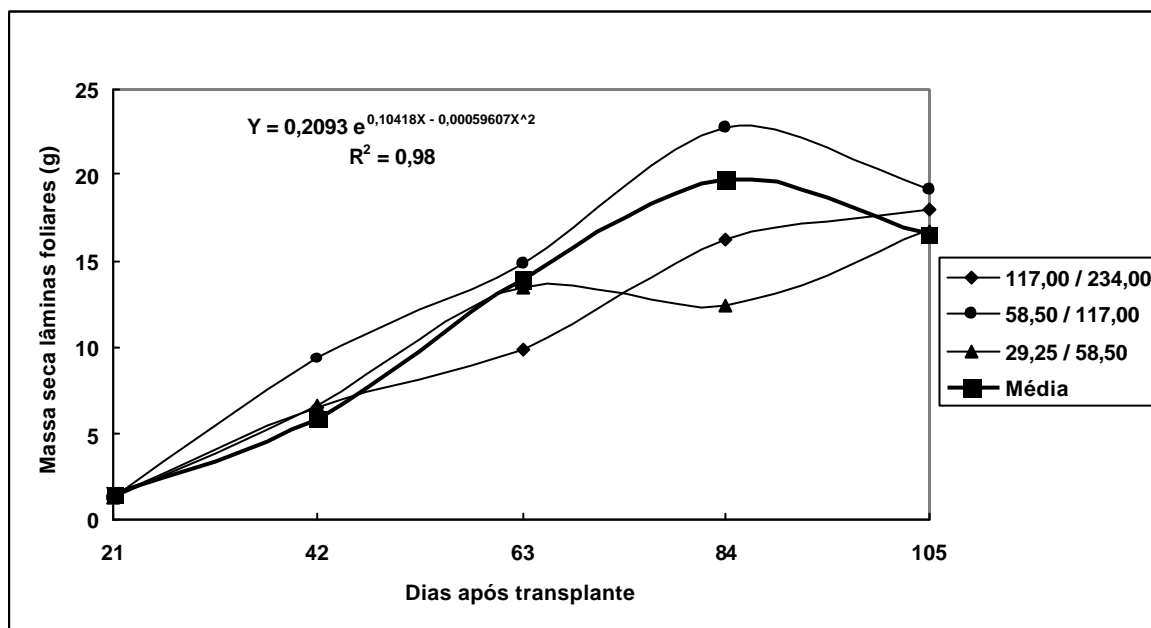


Figura 9. Massa seca de lâminas foliares (g) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

6.5 Massa seca de caule mais pecíolos

A variação da massa seca de caule mais pecíolos de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 10.

A massa seca de caule mais pecíolos, durante o ciclo de desenvolvimento, de maneira geral, apresentou tendência de manter-se mais baixa nas plantas submetidas ao menor nível de potássio e maior naquelas nutridas com o nível intermediário.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 6, revela que os diferentes níveis de potássio não interferiram na massa seca de caule mais pecíolos. Tomando-se como referência a massa seca de caule mais pecíolos das plantas submetidas ao tratamento testemunha, 117,00/234,00 mg L⁻¹ de potássio observa-se que não houve efeito de sua variação. Quando são comparados os resultados obtidos com os de Maia (1998), que observou que as plantas que receberam solução nutritiva com omissão de potássio apresentaram hastes menores e poucas brotações laterais, verifica-se uma vez mais, que o potássio no presente estudo em seus níveis mais baixos não foi deficiente

Apesar do maior nível de potássio no tratamento testemunha não ter produzido maior massa seca de caule mais pecíolos, os resultados superam aqueles observados por Leal (2001), que também cultivou menta, em condições semelhantes, variando no entanto, a concentração da solução nutritiva que foi diluída em 50%.

Tabela 6. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de caule mais pecíolo (g), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
2,63 n.s.	36,71*	0,55 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L ⁻¹) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹					Média Nível de K
	1 ^a (21)	2 ^a (42)	3 ^a (63)	4 ^a (84)	5 ^a (105)	
117 / 234	0,87	8,77	16,1	35,51	53,18	22,89
58,5 / 117	0,87	14,72	21,28	50,1	67,04	30,80
29,25 / 58,5	0,87	7,94	16,97	26,75	52,61	21,03
Média	0,87	10,48	18,12	37,45	57,61	24,91

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

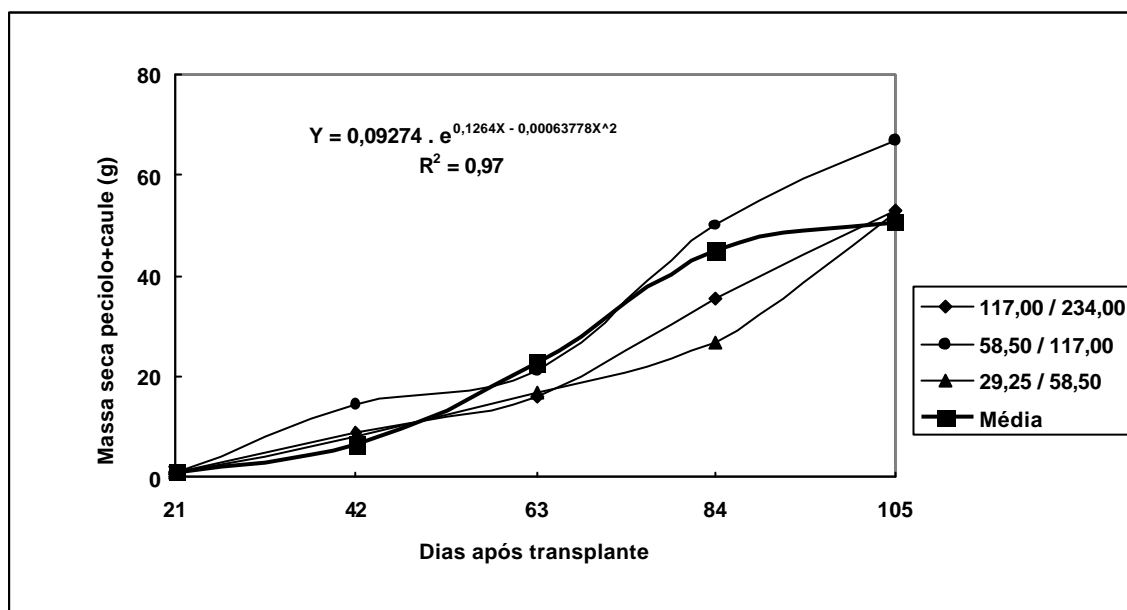


Figura 10. Massa seca de caule mais pecíolo (g) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

6.6 Massa seca total

A variação da massa seca total de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 11.

A massa seca total, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência a manter-se mais baixa, nas plantas submetidas aos menores níveis de potássio, e maior naquelas com nível intermediário.

A comparação de médias entre tratamentos que pode ser observada na Tabela 7, revela que os diferentes níveis de potássio não interferiram na massa seca total. Entre os 84 e 105 dias após o transplante, observa-se maior rendimento de massa seca em todos os tratamentos. As plantas submetidas ao tratamento com 29,25/58,50 mg K L⁻¹ apresentaram apenas tendência de menor incremento de massa seca total. Maia (1998) também observou baixa produção de massa seca total quando as plantas foram submetidas a tratamento com omissão de potássio. Os dados de Praszna & Bernath (1993), com *Mentha piperita* L. em solução nutritiva, registram diminuição de 4,5% da massa seca total em plantas cultivadas com omissão de potássio, confirmando assim a importância desse nutriente na massa seca das plantas e denotando que no presente estudo o nível mais baixo de potássio utilizado não foi deficiente.

Do total da massa seca das plantas encontrado neste estudo, 22% é representado pela massa seca das raízes, 31% pela massa seca das lâminas foliares e 47% pela massa seca do caule mais pecíolo. Assim, 78% da massa seca total pode estar envolvida com a produção de óleo essencial e, segundo Czepak (1998), quanto maior a produção de massa seca total, maior é a produção de óleo.

Os resultados do presente estudo mostram que os níveis de 58,50/117,00 mg K L⁻¹ proporcionaram tendência de melhor produção de massa seca de folhas, de raízes, de caule mais pecíolos e massa seca total, podendo, portanto, ser considerado o melhor nível para o crescimento das plantas de *Mentha piperita* L. nas condições do experimento.

No entanto, se faz necessária a avaliação do rendimento e composição do óleo essencial.

Tabela 7. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca total (g), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
2,50 n.s.	41,70*	0,52 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L ⁻¹) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹					Média Nível de K
	1 ^a (21)	2 ^a (42)	3 ^a (63)	4 ^a (84)	5 ^a (105)	
117,00 / 234,00	2,64	21,19	34,33	62,26	88,89	41,86
58,50 / 117,00	2,77	31,05	48,86	86,50	109,54	55,74
29,25 / 58,50	2,59	20,32	38,49	51,27	88,56	40,24
Média	2,67	24,18	40,56	66,67	95,66	45,95

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

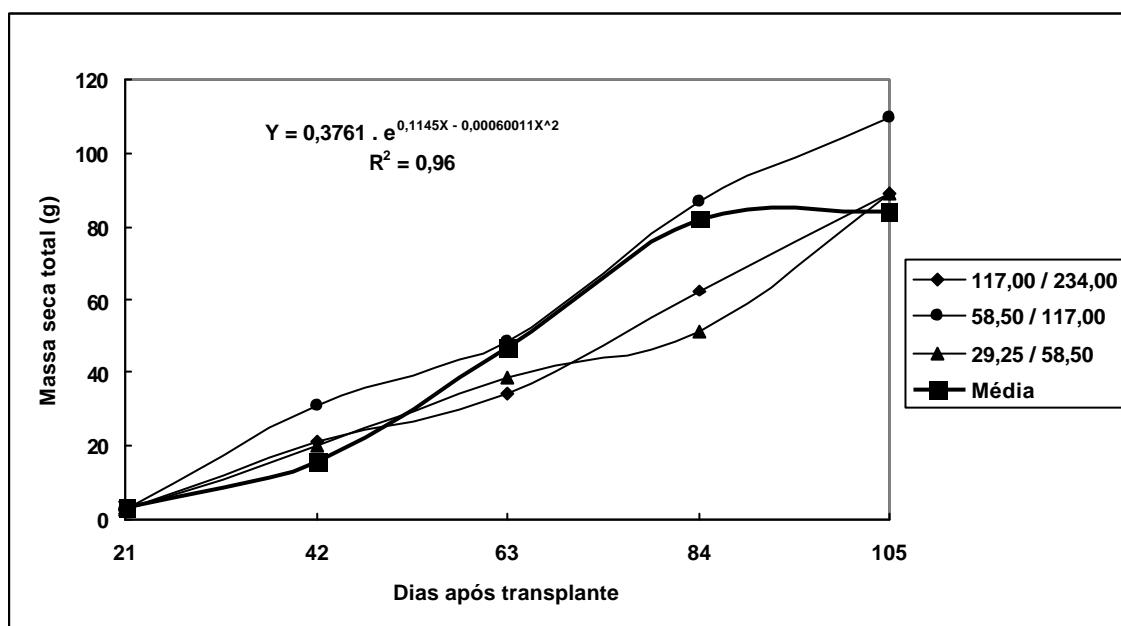


Figura 11. Massa seca total (g) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores médios ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

6.7 Razão de área foliar (RAF)

A variação da razão de área foliar de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 12.

O comportamento da RAF, observado na Tabela 8, de modo geral, apresentou-se semelhante nas plantas submetidas aos diferentes níveis de potássio, com acentuada diminuição dos 21 aos 105 dias após o transplante. Este decréscimo coincide com resultados da literatura que referem RAF elevada no início do ciclo vegetativo, decrescendo posteriormente com a maturação das folhas, em função do direcionamento de compostos fotossintetizados para outras regiões da planta (RODRIGUES, 1990; URCHEI, 1992; MOREIRA, 1993; FERREIRA, 1996).

Segundo Benincasa (1988), a RAF expressa a área foliar útil para a fotossíntese, sendo a relação entre a área foliar, responsável pela interceptação da energia luminosa e CO₂ e a massa seca total, resultado da fotossíntese. Assim, com o crescimento da planta, aumenta a interferência das folhas superiores sobre as inferiores, com tendência de diminuir a área foliar útil, a partir de certa fase.

Ferreira (1996) avaliou plantas de *Zea mays* L. segundo o ajustamento osmótico e análise de crescimento, em função do nível de potássio e estresse hídrico. A autora observou que, independente dos tratamentos utilizados, houve diminuição da RAF durante o ciclo, que apresentou valor máximo na primeira colheita, realizada aos 27 dias após a emergência.

Boaro (2001) cultivando *Phaseolus vulgaris*, em solução nutritiva com variação nos níveis de magnésio, obteve os maiores valores para a RAF antes dos 30 dias após a emergência, sendo, portanto mais elevada no início do ciclo, época em que ocorre o desenvolvimento de folhas para maior captação de luz.

Castro et al. (2002) testou fotoperíodos de 8, 12, 16 e 20 horas no crescimento e características fotossintéticas de *Mikania glomerata* Sprengel (guaco). Os resultados demonstraram que a medida que aumentou o fotoperíodo, houve uma diminuição na RAF das plantas, demonstrando que fatores ambientais também podem interferir com o comportamento da variável.

Resultados verificados em trabalhos realizados com diferentes espécies demonstraram o mesmo comportamento da RAF^F verificado no presente estudo.

Tabela 8. Razão de área foliar ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Nível de K (mg L^{-1}) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹					Média
	1 ^a (21)	2 ^a (42)	3 ^a (63)	4 ^a (84)	5 ^a (105)	
117,00 / 234,00	1,56	1,25	1,02	0,84	0,70	1,07
58,50 / 117,00	1,11	1,12	1,02	0,83	0,60	0,94
29,25 / 58,50	1,40	1,20	1,01	0,83	0,70	1,03
Média	1,36	1,19	1,02	0,83	0,67	1,01

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

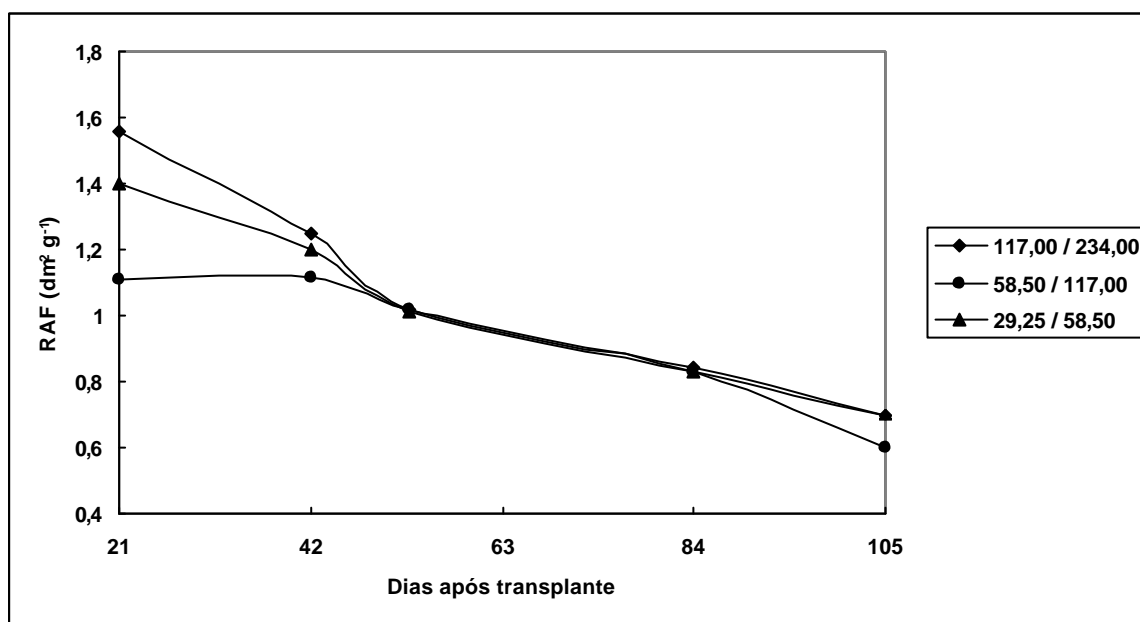


Figura 12. Razão de área foliar ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L^{-1} , nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1ª colheita/após a 1ª colheita.

6.8 Área foliar específica (AFE)

A variação da área foliar específica de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 13.

As plantas submetidas ao maior, 117,00/234,00 mg L⁻¹ e ao nível intermediário de potássio igual a 58,50/117,00 mg L⁻¹ apresentaram aumento da área foliar específica até a 3ª colheita, decrescendo a seguir. No tratamento com o menor nível de potássio, 29,25/58,50 mg L⁻¹ a AFE sempre aumentou, conforme Tabela 9.

Segundo Benincasa (1988), no início do desenvolvimento, os valores da AFE podem ser maiores, revelando folhas pouco espessas, com pouca massa seca e área foliar. Com o desenvolvimento da cultura aumenta a área foliar e a massa seca das folhas, tendendo a queda dos valores desse variável.

Ascencio & Fargas (1973) e Boaro et al. (1996), fizeram análise de crescimento respectivamente de plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L. var. Turrialba-4) e de *Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca, cultivados em solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950) e observaram que a área foliar específica manteve-se praticamente constante, durante todo o ciclo do cultivo. No entanto, é provável que a menta, planta perene, apresente comportamento diferente das anuais. Talvez esse fato justifique os valores iniciais de AFE baixos, aumentando com o desenvolvimento da espécie, em pelo menos dois dos níveis de potássio avaliados.

Segundo Ferreira (1996) decréscimos na AFE indicam aumento na espessura da folha de *Zea mays*, resultado do aumento do tamanho do número de células nas plantas cultivadas sob elevadas doses de potássio.

Leal (2001) estudou *Mentha piperita* L. cultivada em diferentes níveis de nitrogênio. A AFE aumentou nas plantas nutridas com 210/105 e 263/132 mg L⁻¹ de N e diminuiu naquelas com 315/158 mg L⁻¹ de N até os 84 dias, aumentando a seguir, demonstrando que doses de nitrogênio elevadas diminuem a AFE indicando maior espessura de folhas. No entanto, quando novas folhas se desenvolvem, a AFE volta a aumentar, o que expressa menor espessura. Tal comportamento é esperado em plantas em que o nitrogênio estimula o crescimento vegetativo.

Os estudos acima referidos demonstram que, apesar da tendência de diminuição da AFE, com o desenvolvimento, variações de fatores ambientais podem modificá-la.

Tabela 9. Área foliar específica ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Nível de K (mg L^{-1}) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹					Média
	1 ^a (21)	2 ^a (42)	3 ^a (63)	4 ^a (84)	5 ^a (105)	
117,00 / 234,00	3,356	3,579	3,646	3,547	3,296	3,485
58,50 / 117,00	2,659	3,171	3,472	3,494	3,231	3,205
29,25 / 58,50	2,994	3,128	3,256	3,378	3,493	3,250
Média	3,003	3,293	3,458	3,473	3,340	3,314

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

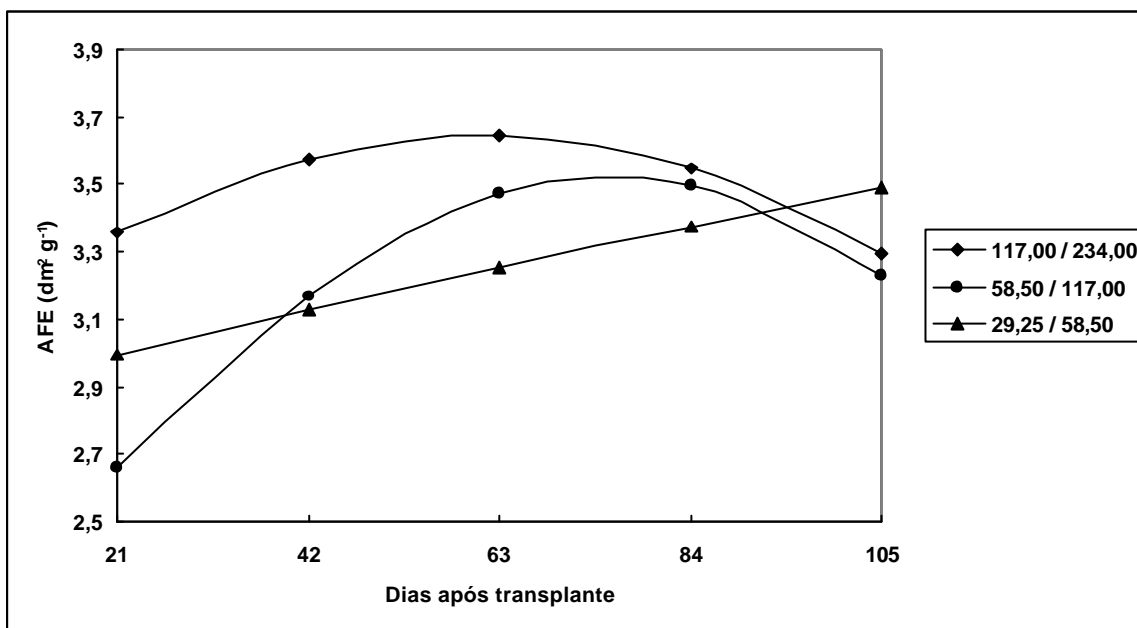


Figura 13. Área foliar específica ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L^{-1} , nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

6.9 Taxa assimilatória líquida (TAL)

A variação da taxa assimilatória líquida de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 14.

As plantas submetidas aos diferentes níveis de potássio apresentaram diminuição da TAL com a idade, conforme Tabela 10. Resultados semelhantes foram encontrados por Leal (2001) ao avaliar o efeito de diferentes concentrações de nitrogênio no desenvolvimento de *M. piperita* L. em solução nutritiva.

Watson (1952) e Milthorpe & Moorby (1974) relataram que a taxa assimilatória líquida diminui com a idade das plantas, por sombreamento de folhas inferiores. Tais relatos estão em concordância com os resultados verificados no presente estudo. O aumento da área foliar, com o ponto máximo verificado para as plantas nutridas com o nível intermediário de potássio, aos 84 dias após o transplante, traduz-se em diminuição acentuada da TAL nessa ocasião.

Os resultados do presente estudo também concordam com as observações de Watson (1952) e de Xavier (1986). Watson (1952) prega a existência de evidências da influência de níveis elevados de nutrientes sobre a taxa assimilatória líquida, ao mesmo tempo que sugere a diminuição dessa variável, quando baixas concentrações de nutrientes são utilizadas. O autor ainda refere ser pouco provável o incremento da produção pelo aumento da TAL. Xavier (1986), ao realizar análise de crescimento de quatro cultivares de feijão, verificou que, em geral, a taxa assimilatória líquida era maior antes dos 20 dias após a emergência, a partir dos quais declinava com a idade da planta.

Tabela 10. Taxa assimilatória líquida ($\text{g dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Nível de K (mg L^{-1}) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹					Média
	1 ^a (21)	2 ^a (42)	3 ^a (63)	4 ^a (84)	5 ^a (105)	
117,00 / 234,00	0,054	0,049	0,038	0,019	-0,0097	0,03
58,50 / 117,00	0,088	0,061	0,039	0,013	-0,0030	0,04
29,25 / 58,50	0,060	0,051	0,038	0,018	-0,0012	0,03
Média	0,07	0,05	0,04	0,02	-0,005	0,03

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

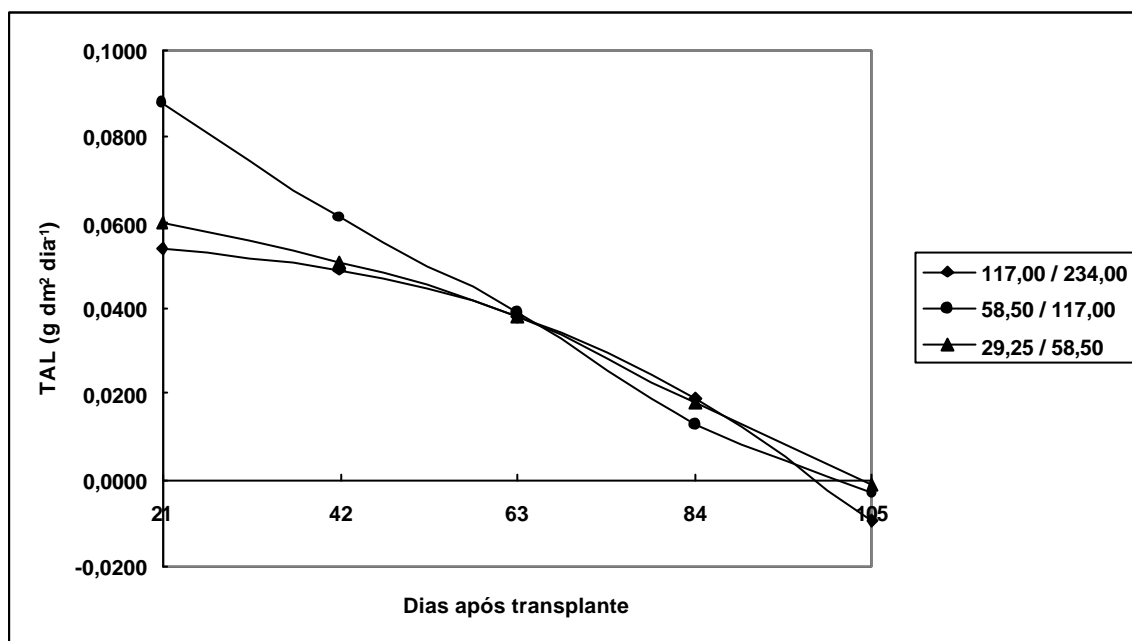


Figura 14. Taxa assimilatória líquida ($\text{g dm}^{-2} \text{g}^{-1}$) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L^{-1} , nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

6.10 Taxa de crescimento relativo (TCR)

A variação da taxa de crescimento relativo de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 15.

Os maiores valores para TCR, observados na Tabela 11, foram verificados na primeira colheita, com decréscimo nas colheitas seguintes nas plantas submetidas aos diferentes níveis de potássio.

A taxa de crescimento relativo (TCR) representa o aumento da massa seca de uma planta ou de qualquer um dos seus órgãos, em gramas, como função do seu tamanho inicial, ou seja, da massa seca existente no instante em que se inicia o período de observação (BENINCASA, 1988).

No presente estudo verifica-se que a TCR das plantas submetidas a todos os tratamentos mostrou efeito maior da TAL, apresentando comportamento muito semelhante a ela, do que da razão de área foliar. Esses resultados estão de acordo com os de Magalhães & Montojos (1971), verificados para cultivares de feijão, que mostraram que a TAL e a TCR apresentam correlação positiva.

Deve ser registrado uma vez mais que, apesar de se tratarem de espécies diferentes, apresentam comportamento semelhante das referidas taxas.

Os resultados obtidos no presente estudo estão também de acordo com aqueles observados por Stefanini (1997), que avaliando a ação de reguladores vegetais em *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br., em diferentes épocas do ano, obteve comportamento semelhante da TCR para as plantas testemunhas cultivadas sem os biorreguladores.

Ferreira (1996) verificou que plantas de milho, que receberam maior dose de potássio, apresentaram valores superiores de TCR comparadas àquelas cultivadas com nível deficiente deste nutriente.

Boaro (2001) verificou comportamento diferente da TCR quando cultivou *Phaseolus vulgaris* em condições de deficiência de magnésio, fato explicado pelo atraso no desenvolvimento, inclusive com queda prematura de folhas, que interferiram com a área foliar e a taxa assimilatória líquida.

Os estudos acima referidos demonstram que fatores do ambiente podem modificar o comportamento das taxas de crescimento.

Benincasa (1988) registrou que nem sempre se verificam diferenças tão evidentes entre tratamentos e, em alguns casos, não se consegue mesmo detectar causas de diferenças de produção pela análise de crescimento. Às vezes torna-se necessário lançar mão de outras relações entre os atributos de crescimento. Por outro lado, pode acontecer de não ocorrerem diferenças pelo fato das plantas serem pouco sensíveis a variações ambientais muito acentuadas.

Tal observação pode ser válida para a *Mentha piperita*, não tendo sido possível detectar com TCR, diferenças de variações ambientais. Por outro lado, deve também ser considerado o fato de que os níveis de potássio utilizados não tenham sido deficientes.

Tabela 11. Taxa crescimento relativo ($\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Nível de K (mg L^{-1}) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹					Média
	1 ^a (21)	2 ^a (42)	3 ^a (63)	4 ^a (84)	5 ^a (105)	
117,00 / 234,00	0,084	0,061	0,039	0,016	-0,007	0,04
58,50 / 117,00	0,098	0,069	0,040	0,011	-0,017	0,04
29,25 / 58,50	0,084	0,061	0,038	0,015	-0,008	0,04
Média	0,09	0,06	0,04	0,01	-0,01	0,04

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

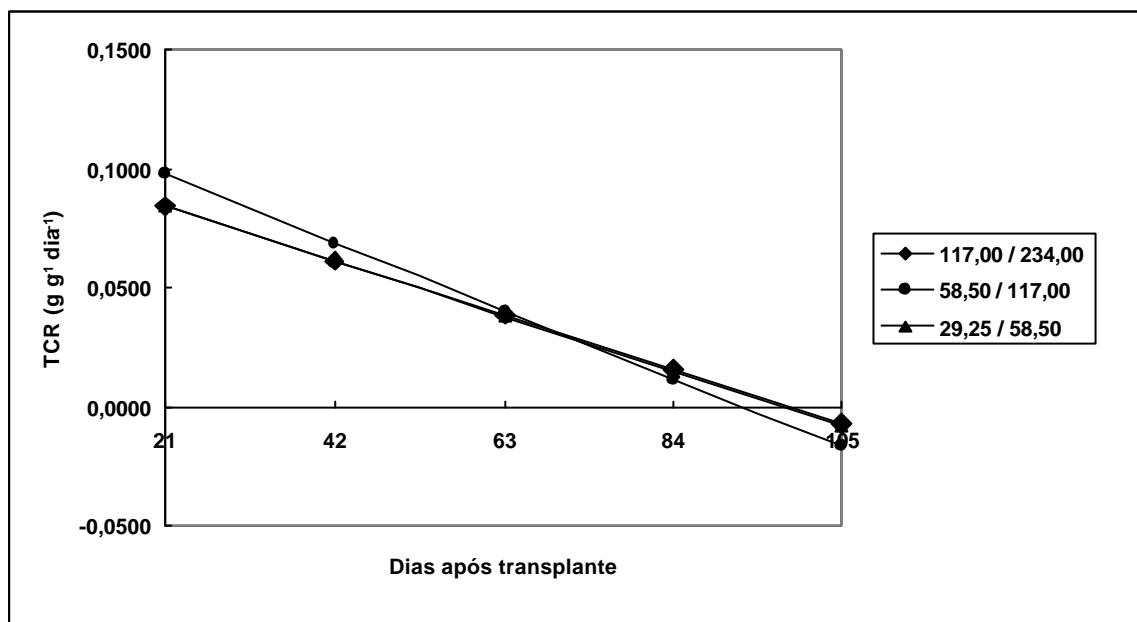


Figura 15. Taxa crescimento relativo ($\text{g g}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L^{-1} , nas várias colheitas realizadas entre novembro de 2002 e fevereiro de 2003. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

6.11 Produção de óleo essencial

A variação do volume de óleo essencial de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 16.

O volume de óleo essencial, produzido durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se mais baixo nas plantas submetidas aos menores níveis de potássio e mais elevado naquelas nutridas com nível intermediário.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 12 revela que o volume de óleo essencial extraído de 100 gramas de massa seca das plantas submetidas aos diferentes tratamentos não diferiu estatisticamente.

Apesar de não ter ocorrido florescimento da espécie em estudo, o melhor rendimento observado aos 105 dias da cultura, concorda com os resultados de Topalov & Zhelyazkov (1991), que ao colherem *Mentha piperita* L. com 50% de florescimento, entre 97 e 100 dias, 100% de florescimento e após o florescimento, verificaram maior rendimento com 50% de florescimento. O rendimento do óleo de plantas colhidas com 100% de florescimento diminuiu 12%.

Quando se compara o rendimento médio de óleo de 1,27 mL 100 g⁻¹ MS, observado nas plantas submetidas ao tratamento testemunha 117,00/234,00 mg K L⁻¹, com o obtido por Leal (2001) que cultivou *Mentha piperita* L., em vasos, em casa de vegetação, com solução nº 2 de Hoagland & Arnon (1950), diluída em 50% a partir dos 42 dias após a emergência, verifica-se que nesse caso o rendimento médio encontrado foi superior ao presente estudo e igual a 1,54 mL 100 g⁻¹ MS. O rendimento encontrado por Leal (2001) está mais próximo daquele verificado nas plantas submetidas ao tratamento intermediário no presente estudo. Tais resultados sugerem que outros fatores além da nutrição estão envolvidos na produção do óleo essencial. Nesse sentido devem ser ressaltadas as elevadas temperaturas, a época e a metodologia de condução do experimento.

Zhelyazkov & Margina (1996) estudando várias cultivares de *Mentha piperita* L., em solo, observaram na média de dois cortes realizados no primeiro ano, rendimento de óleo igual a 92 Kg ha⁻¹ em plantas cultivadas sem incremento de nitrogênio,

fósforo e potássio, 112,7 Kg ha⁻¹ naquelas com incremento de nitrogênio correspondente a 151 kg ha⁻¹, 148 Kg ha⁻¹ quando aplicou-se nas plantas nitrogênio e potássio nas doses respectivas de 306,2 e 110 Kg ha⁻¹ e 165,7 Kg ha⁻¹ com aplicação de 533,6 Kg ha⁻¹ de nitrogênio, 182 Kg ha⁻¹ de fósforo e 240 Kg ha⁻¹ de potássio.

Praszna & Bernath (1993) demonstraram diminuição do conteúdo de óleo essencial quando plantas de *Mentha piperita* L foram cultivadas na ausência de potássio na solução. Mentol e a mentona foram encontrados em menores concentrações. Quando o potássio foi fornecido em baixas concentrações foram observados melhores resultados, porém inferiores àqueles mostrados pelas plantas cultivadas com dose completa de potássio. Comparando o estudo de Praszna & Bernath (1993) com o presente trabalho, de certa maneira, os resultados são concordantes, uma vez que, apesar de não diferir estatisticamente, houve tendência de plantas cultivadas com o menor nível de potássio apresentarem menor rendimento em óleo. É possível que, devido a importância do potássio em vários processos fisiológicos, sua diminuição interfira com o conteúdo de óleo essencial.

Leal (2001) obteve em plantas de *Mentha piperita* L. submetidas ao tratamento testemunha com nível de nitrogênio de 210/105 mg L⁻¹, colhidas aos 70 dias após o transplante, rendimento de óleo essencial de 141,6 L ha⁻¹.

No presente estudo, o rendimento de óleo essencial de plantas cultivadas no tratamento testemunha com nível de potássio igual a 117,00/234,00 mg L⁻¹ aos 60 após o transplante foi igual a 57 L ha⁻¹. Esse valor aumentou para 147 L ha⁻¹ aos 105 dias após o transplante.

Nas plantas cultivadas com nível de potássio 58,50/117,00 mg K L⁻¹, o rendimento de óleo essencial aos 105 dias após o transplante tendeu a ser maior. Nessas plantas a produção de massa fresca correspondeu a 66 toneladas por hectare e a da massa seca a 11 ton ha⁻¹. Assim, o rendimento de óleo essencial obtido na massa seca, por hectare corresponderia a 176 L.

Mairapetyan (1999), afirma que, plantas aromáticas crescendo em sistema hidropônico, apresentam elevada produtividade, com 3 a 6 vezes mais óleo essencial, por planta do que em sistemas convencionais de cultivo.

Tabela 12. Análise de variância e comparação entre médias do volume de óleo essencial (mL 100 g⁻¹MS), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
0,88 n.s.	0,42*	0,92 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L ⁻¹) ¹	Colheita (Dias após transplante) ¹			Média Nível de K
	1 ^a (60)	2 ^a (105)	3 ^a (120)	
117,00 / 234,00	1,14	1,43	1,24	1,27
58,50 / 117,00	1,40	1,59	1,57	1,52
29,25 / 58,50	1,41	1,18	1,00	1,20
Média	1,32	1,40	1,27	1,33

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

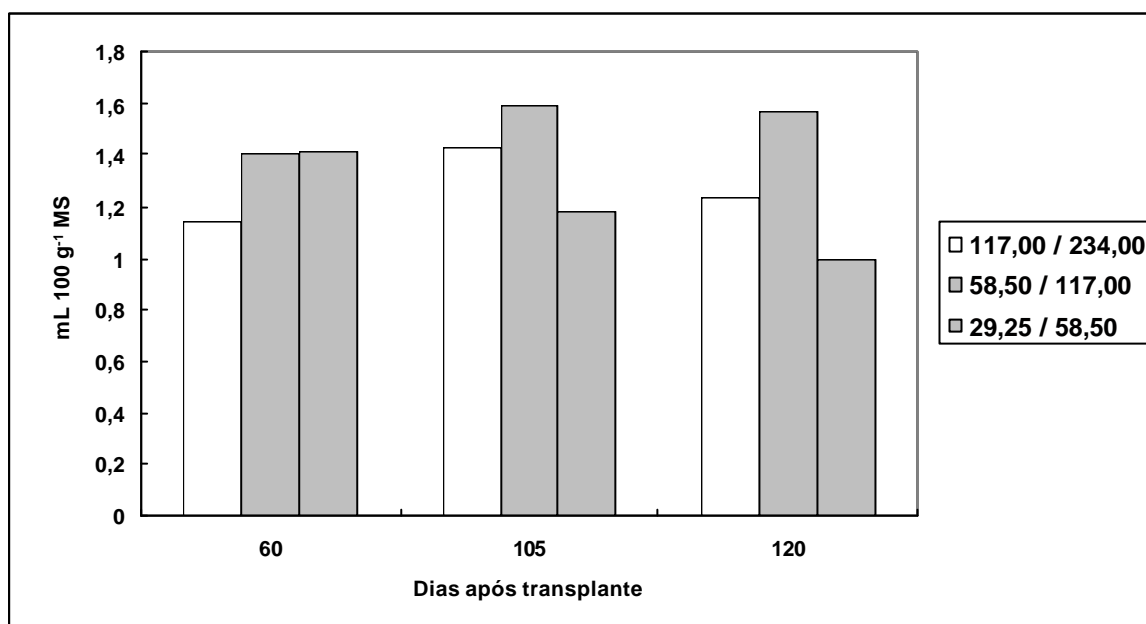


Figura 16. Volume de óleo essencial (mL 100 g⁻¹ MS) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 2^a colheita/após a 1^a colheita.

6.12 Composição do óleo essencial

Na composição do óleo essencial foram encontrados 10 componentes, sendo os 6 principais, mentol, mentona, mentofurano, 1,8-cineol, pulegona e acetato de mentila. A Tabela 13 mostra a composição e as porcentagens encontradas no óleo essencial de plantas submetidas aos diferentes níveis de potássio.

Maia (1998), trabalhando com o gênero *menta*, encontrou mais de 60 componentes no óleo essencial. As substâncias identificadas e citadas na literatura são variáveis, levando a conclusão de que plantas desenvolvidas sob diferentes condições, contém óleos com características diferentes. Os principais componentes encontrados, no presente estudo, estão de acordo com os verificados por Maia (1998), diferindo na quantidade e no teor o que confirma as conclusões anteriores. Maia (1998) verificou que os tratamentos com deficiência nutricional afetaram a composição do óleo essencial e o mentol é bastante afetado pela omissão de nutrientes, entre eles o potássio.

Os resultados do presente estudo demonstram ainda um maior teor de mentona, o que discorda da literatura que refere o mentol como o componente mais abundante. No presente estudo houve privilégio de formação de mentona. Dey & Harborne (1997) e Croteau et al. (2000) registraram que na rota, a pulegona pode formar mentona e/ou isomentona. A mentona forma o neomentol e o mentol, que forma o acetato de mentila.

Croteau et al. (2000) relata que noites quentes, no crescimento de *Mentha piperita* L., promovem o acúmulo de intermediários mais oxidados na rota, tais como a pulegona. No presente estudo, foram registradas noites quentes, associadas com baixa umidade relativa do ar, nos meses de novembro de 2002 a janeiro de 2003 coincidem com a época de maior crescimento das plantas e talvez tenham privilegiado a formação da mentona.

Gershenzon et al. (2000) relatam alterações na composição dos monoterpenos ao longo do crescimento da *M. piperita* L. A mentona foi o componente encontrado em maior porcentagem, 36% iniciais, aumentando para 75% aos 15 dias e diminuindo para 10%, aos 55 dias da análise. Para o mentol o comportamento foi inverso, 0,01% iniciais, 5 dias da análise, 1,6% aos 18 dias e 54% aos 55 dias da análise. Segundo o autor, o período de pico da biossíntese de monoterpenos coincide com o tempo em que as

células dos tricomas glandulares estão metabolicamente ativas. Tais observações são importantes para se conhecer a melhor época de colheita e extração do óleo, obtendo-se o componente desejado.

Segundo Gershenzon et al. (2000), as proporções de limoneno, mentofurano e pulegona diminuem com a idade das folhas de *M. piperita* L., e as de 1,8-cineol, mentol e neomentol aumentam.

Tabela 13. Composição do óleo essencial (%), obtida em análise CG-MS, de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003. Média de 3 colheitas.

Componente (%)	Nível de K (mg L ⁻¹) ²			Média (%)
	117 / 234	58,5 / 117	29,25 / 58,5	
Mentona	42,71	44,93	40,62	42,75
Mentol	28,16	26,52	28,60	27,76
Mentofurano	11,26	11,56	12,55	11,79
1,8-cineol	4,66	4,80	4,52	4,66
Pulegona	1,35	1,37	1,69	1,47
Acetato de mentila	4,07	3,15	4,04	3,75
Limoneno	0,87	0,91	0,83	0,87
Isomentol	1,16	1,30	1,31	1,26
Terpinoleno	0,72	0,61	0,49	0,61
Beta-pineno	0,71	0,81	0,71	0,74

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

6.12.1 Teor de mentol

A variação do teor de mentol de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 17.

O teor de mentol no óleo essencial, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se mais baixo nas plantas submetidas aos níveis intermediários de potássio.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 14, revela que foi maior o teor de mentol das plantas submetidas ao menor nível de potássio que o daquelas nutridas com nível intermediário. Essa observação permite sugerir que os níveis de nutrientes na solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950) são excessivos para a adequada qualidade do óleo essencial.

Tomando-se como referência o teor de mentol das plantas nutridas com o nível mais elevado de potássio, tratamento testemunha, observa-se que não houve efeito da variação dos níveis desse nutriente.

Os dados de Zheljzkov & Margina (1996) mostram que o incremento na fertilização em várias cultivares de *Mentha piperita* L., não aumentou o teor de mentol nas várias colheitas. A cultivar Zephir, apresentou teor de mentol 60,9% nas plantas cultivadas sem fertilizante e igual a 58,1% nas plantas nutridas com NPK. As outras cultivares apresentaram resultados semelhantes.

Quanto a época de colheita, Randhawa & Kaur (1996) relatam que os teores de mentol são maiores quando a *Mentha arvensis* L. é colhida aos 120 dias, diminuindo nas colheitas realizadas aos 135 e 150 dias. Os mesmos autores testaram espaçamento entre linhas e concluíram que 60 cm foi o melhor para obtenção de maior rendimento de mentol.

Uma vez mais, os resultados observados neste estudo e, em outros, citados na literatura demonstram que vários fatores podem interferir no rendimento e composição de óleo essencial. Os resultados sugerem a diminuição do nível de potássio na solução para rendimento no conteúdo de mentol, principal componente do óleo, nas condições do presente estudo.

Tabela 14. Análise de variância e comparação entre médias do teor de mentol no óleo essencial (mL 100 g⁻¹MS), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
12,99*	14,74*	1,20 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L ⁻¹) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹			Média Nível de K
	1 ^a (60)	2 ^a (105)	3 ^a (120)	
117,00 / 234,00	27,43	33,96	23,10	28,16 AB
58,50 / 117,00	25,84	30,53	23,18	26,52 B
29,25 / 58,50	31,07	30,42	24,32	28,60 A
Média	28,11	31,64	23,53	27,76

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

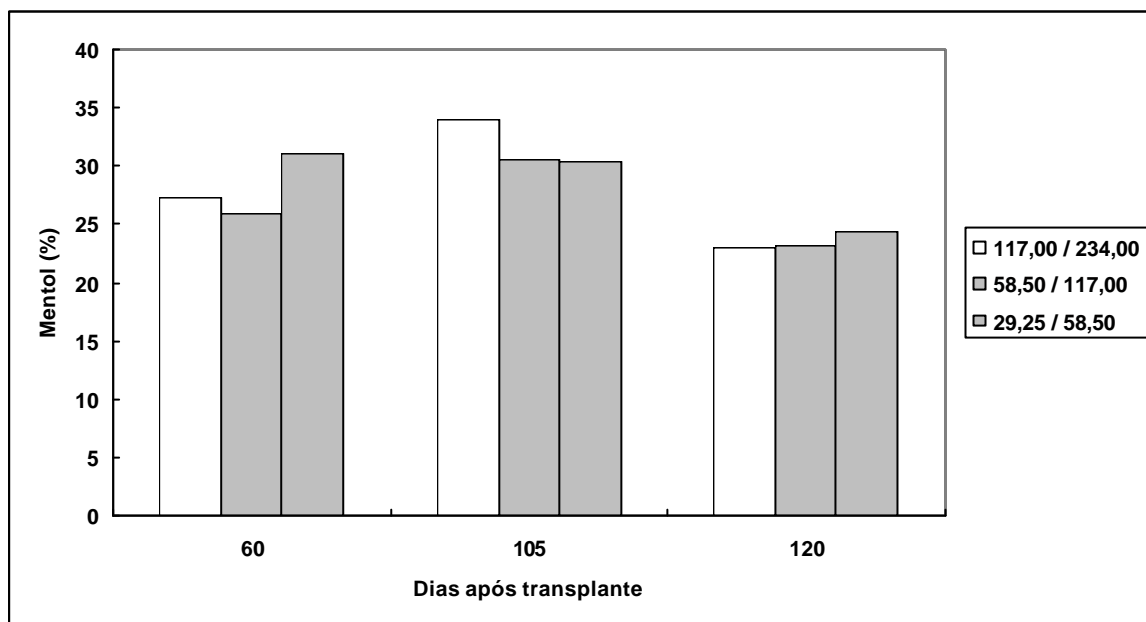


Figura 17. Teor de mentol (%), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em nível de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

6.12.2 Teor de mentona

A variação do teor de mentona de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 18.

O teor de mentona no óleo essencial, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se mais elevado nas plantas submetidas aos níveis intermediários de potássio. Conforme citado anteriormente, essas plantas apresentaram tendência de manter níveis mais baixos de mentol, havendo portanto, privilégio de formação de mentona.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 15, revela que não diferiram os teores de mentona das plantas submetidas aos diferentes níveis de potássio.

Tomando-se como referência o teor de mentona das plantas submetidas ao tratamento testemunha, 117,00/234,00 mg L⁻¹ de K, observa-se que não houve efeito da variação deste nutriente.

Charles et al. (1990) encontraram teores de mentona maiores do que mentol em *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950), sob condições de estresse hídrico. A diminuição do teor de água, aumentou o teor de mentona no óleo essencial. Segundo os autores, a diminuição no conteúdo de pulegona sugere que o estresse afetou as transformações de redutase e oxidase da pulegona, gerando alterações no teor de mentona.

Tabela 15. Análise de variância e comparação entre médias do teor de mentona no óleo essencial ($\text{mL } 100 \text{ g}^{-1}\text{MS}$), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
0,63 n.s.	1,51 n.s.	1,77 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L^{-1})**	Colheita (Dias após transplante)*			Média Nível de K
	1 ^a (60)	2 ^a (105)	3 ^a (120)	
117,00 / 234,00	42,65	39,58	45,91	42,71
58,50 / 117,00	45,46	43,85	45,49	44,93
29,25 / 58,50	38,32	42,41	41,12	40,62
Média	42,14	41,95	44,17	42,75

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

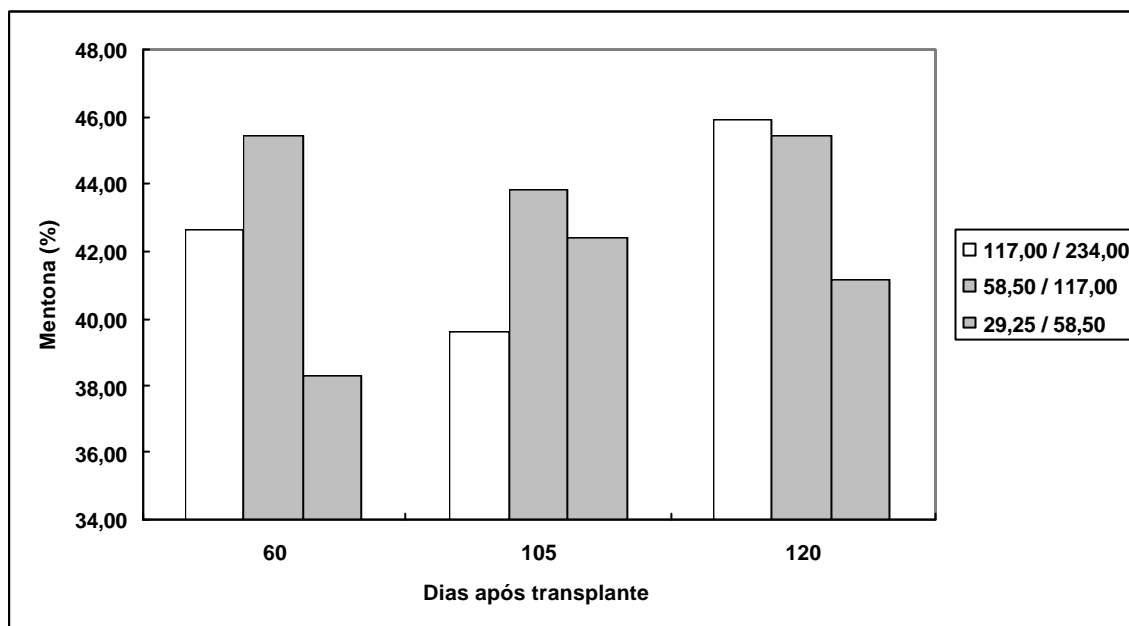


Figura 18. Teor de mentona (%), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados m níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

6.12.3 Teor de mentofurano

A variação do teor de mentofurano de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 19.

O teor de mentofurano no óleo essencial, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se mais elevado nas plantas submetidas ao nível mais baixo de potássio.

Leal (2001), cita estudos de Rech et al. (2000) que cultivaram *Mentha piperita* “Italo-Mitcham” no Rio Grande do Sul, a 30° de latitude sul e em Campinas, SP, a 22° latitude sul. Os autores encontraram 3,5% de mentofurano no Rio Grande do Sul e 19,8% em Campinas. Leal (2001) cultivando *Mentha piperita* L., em Botucatu, a uma latitude de 22°49’10’’ sul, obteve 13,85% de mentofurano.

No presente estudo o teor de mentofurano encontrado em plantas cultivadas na mesma latitude do experimento de Leal (2001), foi em média igual a 15,8%. Como o mentofurano no óleo essencial não é desejável, o teor encontrado no presente estudo foi elevado e deve ter sofrido influência do ambiente, mais especificamente da temperatura elevada, durante o período de condução do experimento.

A comparação de médias entre tratamentos, observada na Tabela 16, revela que não diferiram os teores de mentofurano das plantas submetidas aos diferentes níveis de potássio.

Tomando-se como referência o teor de mentofurano das plantas submetidas ao tratamento testemunha, 117,00/234,00 mg L⁻¹ de potássio, observa-se que não houve efeito da variação deste nutriente.

O teor de mentofurano aumentou com a idade das plantas, concordando com as afirmações de Charles et al. (1990). O autor também registra que baixos níveis de estresse hídrico aumentam a produção de mentofurano.

Tabela 16. Análise de variância e comparação entre médias do teor de mentofurano no óleo essencial ($\text{mL } 100 \text{ g}^{-1}\text{MS}$), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
1,20 n.s	54,74*	0,91 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L^{-1}) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹			Média Nível de K
	1 ^a (60)	2 ^a (105)	3 ^a (120)	
117,00 / 234,00	8,99	9,82	14,98	11,26
58,50 / 117,00	10,22	9,51	14,94	11,56
29,25 / 58,50	9,52	11,27	16,86	12,55
Média	9,58	10,20	15,59	11,79

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

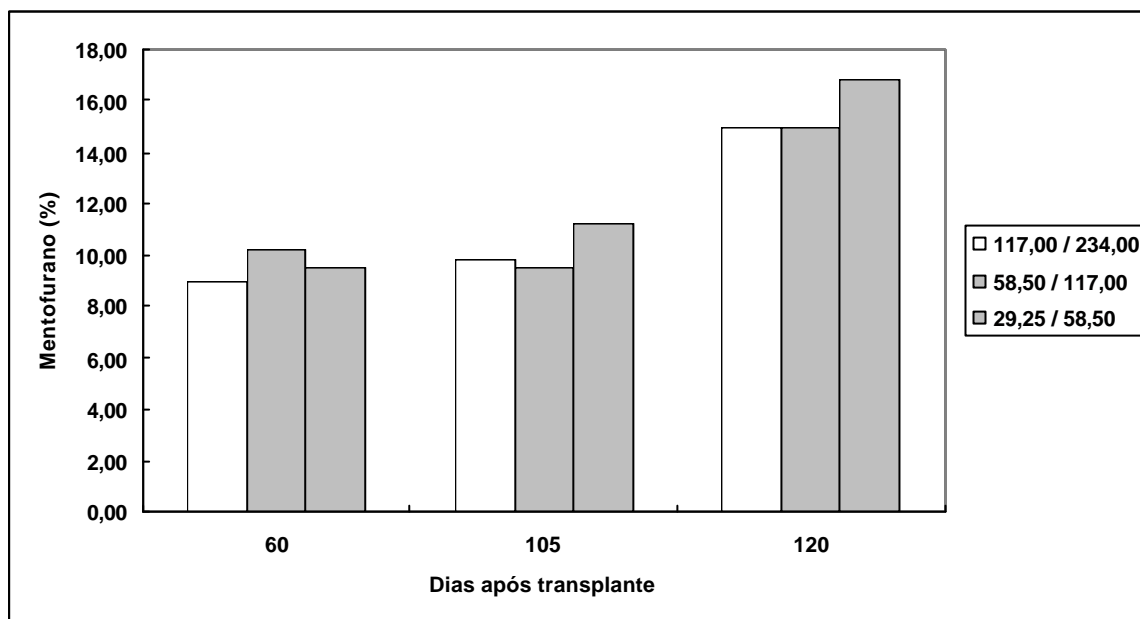


Figura 19. Teor de mentofurano (%), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

6.12.4 Teor de 1,8-cineol

A variação do teor de 1,8-cineol de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 20.

O teor de 1,8-cineol no óleo essencial, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência de manter-se mais elevado nas plantas submetidas ao nível intermediário de potássio.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 17, revela que não diferiram os teores de 1,8-cineol das plantas submetidas aos diferentes níveis de potássio.

Tomando-se como referência o teor de 1,8-cineol das plantas submetidas ao tratamento testemunha, 117,00/234,00 mg L⁻¹ de potássio, observa-se que não houve efeito da variação deste nutriente.

Leal (2001) encontrou em plantas de *Mentha piperita* L., maiores teores de 1,8-cineol quando as plantas foram submetidas ao menor nível de nitrogênio, que corresponde aquela da solução completa proposta por Hoagland & Arnon (1950), igual a 210/105 mg L⁻¹ de N. O autor observou também que ocorreu aumento dos teores de 1,8-cineol com a maturidade das plantas. Tais resultados são discordantes daqueles do presente estudo em que houve tendência de aumento do teor de 1,8-cineol na segunda colheita, diminuindo na terceira. Por outro lado, Charles et al. (1990) cultivaram plantas de *Mentha piperita* L. em deficiência hídrica e não verificaram alteração do teor de 1,8-cineol.

Uma vez mais, os resultados indicam que o teor de um componente do óleo essencial pode variar com as condições do ambiente e metodologia de cultivo.

Tabela 17. Análise de variância e comparação entre médias do teor de 1,8-cineol no óleo essencial ($\text{mL } 100 \text{ g}^{-1}\text{MS}$), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
0,19 n.s	10,03*	1,04 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L^{-1}) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹			Média Nível de K
	1 ^a (60)	2 ^a (105)	3 ^a (120)	
117,00 / 234,00	3,68	5,67	4,64	4,66
58,50 / 117,00	4,39	5,56	4,46	4,80
29,25 / 58,50	4,07	4,81	4,69	4,52
Média	4,05	5,35	4,60	4,66

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

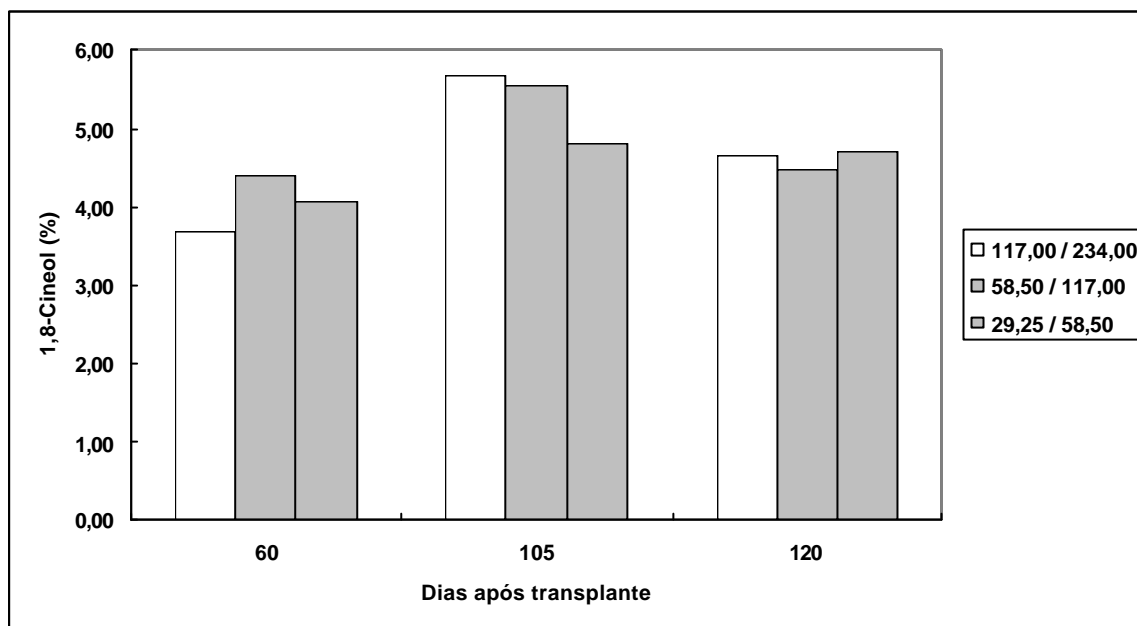


Figura 20. Teor de 1,8-cineol (%), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

6.12.5 Teor de pulegona

A variação do teor de pulegona de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada na Figura 21.

O teor de pulegona no óleo essencial, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência a manter-se mais elevado nas plantas submetidas ao nível intermediário de potássio. O teor de pulegona aumentou com a idade das plantas em todos os tratamentos.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 18, revela que não diferiram os teores de pulegona das plantas submetidas aos diferentes níveis de potássio.

Tomando-se como referência o teor de pulegona das plantas submetidas ao tratamento testemunha, 117,00/234,00 mg L⁻¹ de potássio, observa-se que não houve efeito da variação deste nutriente.

Leal (2001) verificou maior teor de pulegona, nas plantas nutridas com nível intermediário de nitrogênio e igual a 263/132 mg L⁻¹, e menor teor, nas plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio, 210/105 mg L⁻¹ e com o maior, igual a 315/158 mg L⁻¹.

A pulegona é um componente indesejável devido sua ação hepatotóxica (Simões & Spitzer, 2000), no entanto, é um monoterpene apontado como principal componente inseticida, apresentando atividade contra ovos, larvas e adultos de drosófilas (ADDOR, 1994).

Tabela 18. Análise de variância e comparação entre médias do teor de pulegona no óleo essencial (mL 100 g⁻¹MS), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
0,14 n.s	81,62*	0,87 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L ⁻¹) ²	Colheita (Dias após transplante) ¹			Média Nível de K
	1 ^a (60)	2 ^a (105)	3 ^a (120)	
117,00 / 234,00	0,76	0,67	2,61	1,35
58,50 / 117,00	0,98	0,41	2,72	1,37
29,25 / 58,50	1,01	0,70	3,37	1,69
Média	0,92	0,59	2,90	1,47

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

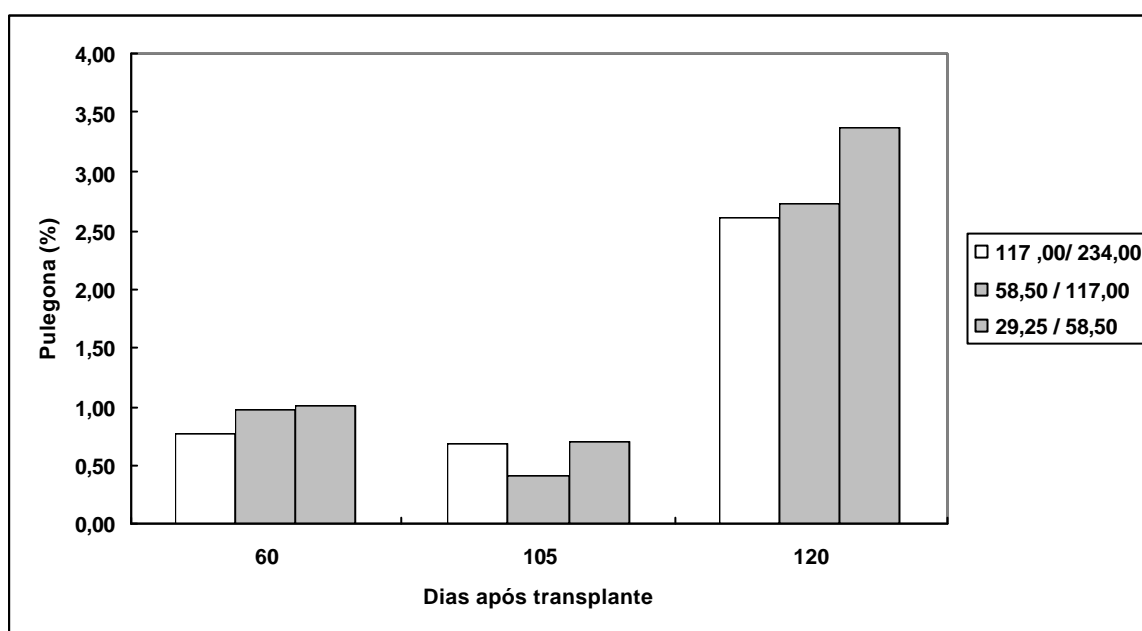


Figura 21. Teor de pulegona (%), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L^{-1} , nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

6.12.6 Teor de Acetato de mentila

A variação do teor de acetato de mentila de *Mentha piperita* L., submetida aos diferentes níveis de potássio, nas várias colheitas, pode ser observada Figura 22.

O teor de acetato de mentila no óleo essencial, durante o ciclo de desenvolvimento apresentou tendência a manter-se mais elevado nas plantas submetidas ao maior nível de potássio.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na Tabela 19, revela que não diferiram os teores de acetato de mentila das plantas submetidas aos diferentes níveis de potássio.

Tomando-se como referência o teor de acetato de mentila das plantas submetidas ao tratamento testemunha, 117,00/234,00 mg L⁻¹ de potássio, observa-se que não houve efeito da variação deste nutriente.

O teor de acetato de mentila diminuiu com a idade das plantas. Esses resultados são concordantes com os verificados por Leal (2001), para *Mentha piperita* L. cultivada em diferentes níveis de nitrogênio, obtendo os menores teores aos 90 dias após o transplante e os maiores aos 70 e 80 dias.

Tabela 19. Análise de variância e comparação entre médias do teor de acetato de mentila no óleo essencial (mL 100 g⁻¹MS), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas, realizadas entre dezembro de 2002 e fevereiro de 2003.

Análise de variância

Nível de Potássio	Colheita	Interação Colheita x Nível de K
0,09 n.s	8,21*	0,25 n.s.

Comparação entre médias (Teste de Tukey)

Nível de K (mg L ⁻¹) ¹	Colheita (Dias após transplante) ¹			Média Nível de K
	1 ^a (60)	2 ^a (105)	3 ^a (120)	
117,00 / 234,00	7,00	3,08	2,14	4,07
58,50 / 117,00	4,82	2,57	2,05	3,15
29,25 / 58,50	6,89	2,58	2,66	4,04
Média	6,24	2,74	2,28	3,75

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade. As letras maiúsculas, na vertical, comparam médias de níveis de potássio.

¹Na data do transplante as mudas tinham 30 dias ²Nível de K até a 1^a colheita / após a 1^a colheita

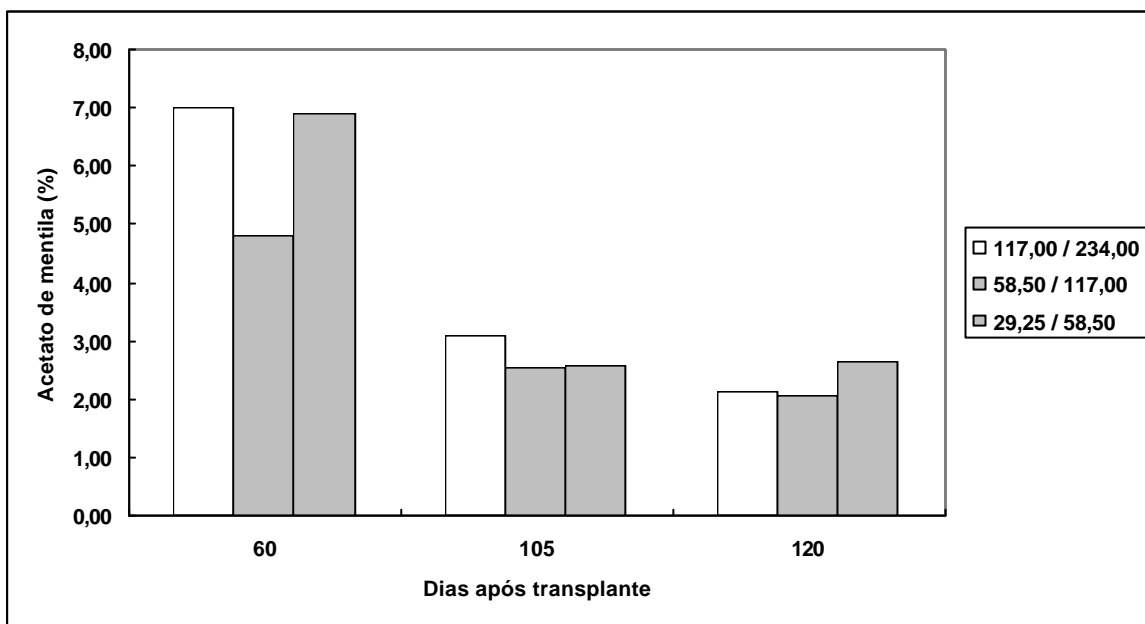


Figura 22. Teor de acetato de mentila (%), de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio em mg L⁻¹, nas várias colheitas realizadas entre dezembro 2002 e fevereiro de 2003. Na data do transplante as mudas tinham 30 dias. Os tratamentos estão indicados em níveis de potássio até a 1^a colheita/após a 1^a colheita.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância da *Mentha piperita* L. está relacionada à produção de massa fresca e seca e de óleo essencial. A massa fresca e seca, representada pelas lâminas foliares, caule mais pecíolos, é comercializada como condimento e para utilização em preparações medicinais. Os óleos essenciais são utilizados pela indústria farmacêutica e de cosmético. Dessa forma, o cultivo da espécie visa a produção de plantas com qualidade, que atenda sua demanda.

Para tanto, o cultivo em solução nutritiva favorece o desenvolvimento da cultura e as plantas produzem folhas maiores, com maior incremento de massa verde.

A solução nutritiva nº 2 de Hoagland & Arnon (1950) foi usada para o cultivo da espécie devido a inexistência de uma solução específica. Para a avaliação da influência do potássio no desenvolvimento da menta utilizou-se a referida solução com modificação do nível desse nutriente. A diminuição de potássio em 50% e 75% de sua concentração na solução completa, não mostrou nenhum sinal de deficiência.

A condução do experimento de outubro de 2002 a fevereiro de 2003, período de altas temperaturas, proporcionou elevado crescimento da planta, que exigiu, devido a grande absorção de nutrientes, reposição dos mesmos em intervalos menores do que os encontrados na literatura. Os intervalos entre as trocas foram de 5 a 7 dias. Tal reposição se fez por meio de trocas constantes das soluções nutritivas.

A diminuição do nível de potássio das soluções a que as plantas foram submetidas, além de não mostrar sinais de deficiência, também não apresentou diminuição de rendimento de massa seca ou óleo essencial. Assim, o nível intermediário de potássio na solução, igual a 58,50/117,00 mg L⁻¹, mostrou ser adequado no comportamento do comprimento de parte aérea, área foliar, produção de massa seca das lâminas foliares, das raízes, do caule mais pecíolo e da massa seca total. As plantas submetidas a esse nível de potássio ainda tenderam a apresentar maiores teores de mentona, 1,8-cineol, e pulegona. Nessas plantas, os índices fisiológicos, área foliar específica, taxa assimilatória líquida, taxa de crescimento relativo e razão de área foliar, não apresentaram alteração em relação àqueles verificados para as plantas cultivadas com o nível completo de potássio (117,00/234,00 mg L⁻¹).

No entanto, o maior teor de mentol, componente mais importante do óleo de *Mentha piperita* L., foi encontrado nas plantas cultivadas com o menor nível de potássio, igual a 29,25/58,50 mg L⁻¹.

Por outro lado, nas plantas submetidas aos três tratamentos com os diferentes níveis de potássio, o teor de mentona foi mais elevado do que o de mentol. Vários fatores podem estar envolvidos nessa variação da composição do óleo, como temperatura, umidade relativa, intensidade luminosa, época de cultivo, densidade de plantas, variação do pH da solução, dentre outros. É possível que a interação desses fatores tenha privilegiado a formação de mentona em vez de mentol. Tais resultados permitem sugerir que, se o cultivo de *Mentha piperita* L. se destina à extração de óleo para comercialização como produto não refinado, e portanto, sem a separação de seus componentes, esse tipo de cultivo, com redução de no mínimo 50% de potássio pode ser recomendado, proporcionando elevado rendimento de óleo essencial. No entanto, se a produção da espécie se destina à comercialização de mentol, o cultivo deve ser recomendado com redução de no mínimo 75% de potássio em relação à concentração proposta na solução completa.

Tais sugestões podem ser baseadas também na observação de Ruiz (1997) que referiu que as soluções nutritivas super estimam as concentrações dos macronutrientes. Assim, os 117,00/234,00 mg L⁻¹ de potássio, utilizados no presente estudo, estariam acima do necessário para o desenvolvimento fisiológico das plantas e poderiam

inclusive interferir com o rendimento e qualidade do óleo essencial, em especial no seu teor de mentol.

Como base nas considerações acima e, tendo em vista a importância econômica da *Mentha piperita* L., outros estudos devem ser desenvolvidos que permitam proposta de uma solução nutritiva específica para a cultura, considerando as relações entre macronutrientes não super estimadas, de acordo com as especificações de Ruiz (1997), que levem a melhor rendimento e composição de óleo essencial.

Por fim, uma vez que a espécie não dispõem de informações para seu adequado cultivo, os resultados obtidos poderão também auxiliar sua produção em cultivo comercial.

8. CONCLUSÃO

O presente estudo de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com variação dos níveis de potássio, permite concluir que:

- 1 – O maior nível de potássio utilizado no tratamento testemunha, 117,00/234,00 mg L⁻¹ não resultou em maior produção de massa seca ou rendimento de óleo essencial.
- 2 – Os índices fisiológicos, razão de área foliar, área foliar específica, taxa assimilatória líquida e taxa de crescimento relativo não foram influenciados pelos níveis de potássio utilizados e não apresentaram alteração com a redução de 50% e 75% de potássio na solução.
- 3 – Quando as plantas foram submetidas ao nível intermediário de potássio, 58,50/117,00 mg L⁻¹ houve tendência de aumento do comprimento de parte aérea, da área foliar, da massa seca de raiz, de lâminas foliares, de caule mais pecíolos, da massa seca total, do rendimento de óleo essencial, e dos teores de mentona, 1,8-cineol e pulegona.
- 4 – Quando as plantas foram submetidas ao menor nível de potássio, 29,25/58,50 mg L⁻¹, foi maior o teor de mentol.
- 5 – Para a produção de massa seca, rendimento e qualidade de óleo essencial, a *Mentha piperita* L. pode ser cultivada com redução de 50 a 75% de potássio.
- 6 – A melhor época para colheita de plantas, visando o maior rendimento de óleo essencial, foi aos 105 dias após o transplante.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU JÚNIOR, H. de. **Práticas alternativas de controle de pragas e doenças na agricultura**: coletânea de receitas. Campinas: EMOPI, 1998. 115 p.

ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy**. Illinois: Allured Publishing Corporation, 1995. 468 p.

ADDOR, R.W. Inseticida. In: GODFREY, C.R.A. (Ed.). **Agrochemicals from natural products**. New York, Marcel Dekker, 1994, p.1.

ASCENCIO, J.; FARGAS, J.E. Análisis del crecimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L. var. ‘Turrialba-4’ cultivado em solução nutritiva. **Turrialba**, v. 23, p. 420-428, 1973.

BASSO, F.; PISANTE, M.; BASSO, B. Agronomical aspects of officinal plant cultivation. **Phytotherapy Research** v. 12, p. 131-134, 1998.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: Fundação Nacional de Ensino e Pesquisa, 1988. p. 42.

- BERGMANN, W. **Nutrition disorders of plants**: development, visual and analytical diagnosis. New York: Gustav Fischer Verlag Jena, 1992. p. 117-118.
- BOARO, C.S.F. et al. Avaliação do crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv Carioca) sob diferentes níveis de magnésio. **Biotemas**, v. 9, p. 15-28, 1996.
- BOARO, C.S.F. **Desenvolvimento de feijoeiros (*Phaseolus vulgaris*) em solução nutritiva com variação dos níveis de magnésio e da relação entre macronutrientes, durante o ciclo**. 2001. 172 f. Tese (Livre Docência/Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 875 p.
- CARMELLO, Q. A. C. Hidroponia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1992. p. 355-368.
- CASTRO, H.G. de et al. **Contribuição ao estudo das plantas medicinais**. Viçosa: Suprema, 2001. 103 p.
- CASTRO, E.M. et al. Crescimento, anatomia foliar e características fotossintéticas em *Mikania glomerata* Sprengel. (guaco), submetidas à diferentes fotoperíodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42, 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade de Olericultura do Brasil, 2002. vol. 20, n. 2, jul. 2002. 1 CD-ROM.
- CHARLES, D.J. et al. Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. In: LEAL, F. P. **Desenvolvimento, produção e composição de óleo essencial da *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio**. 2001. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University Press, 1981, p. 924-927.

CROTEAU, R.; KUTCHAN, T.M.; LEWIS, N.G. Natural products (secondary metabolites). In: BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.J. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: Courier Companies, 2000. p. 1250-1318.

CZEPAK, M.P. Produção de óleo bruto e mentol cristalizável em oito frequências de colheita da menta (*Mentha arvensis* L.). In: MING, L.C. et al. (Coord.). **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares, avanços na pesquisa agronômica** Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 1998, p. 53-80.

DEY, P.M. ; HARBORNE, J.B. **Plant biochemistry**. San Diego: Academic Press, 554 p, 1997.

ELLIS, N.K. Relation of yield of oil from peppermint (*Mentha piperita*) and free menthol content of the oil. **Journal of the American Society of Horticulture** , New York, v. 54, 1944, p. 451-454.

FALKENBERG, M. de B.; SANTOS, R.I. dos; SIMÕES, C.M.O. Introdução à análise fitoquímica. In: SIMÕES, C.M.O. et al.. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Florianópolis: Universidades Federal de Santa Catarina, 1999. p. 163-179.

FERREIRA, E. **Ajustamento osmótico e análise de crescimento de plantas de milho (*Zea mays* L.), em função do nível de potássio e estresse hídrico**. 1996, 121 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1996.

FURLANI, P.R. et al. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1999. 30 p.

GERSHENZON, J.; McCONKEY, M.E.; CROTEAU, R.B. Regulation of monoterpene accumulation in leaves of peppermint. **Plant Physiology**. v. 122, p. 205-213, 2000.

GIACOMETTI, D.C. **Ervas condimentares e especiarias**. São Paulo: Nobel, 1989. 158 p.

GOUTHAM, M.P. et al. 1980. Activity of some essential oils against dermatophytes. In: LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil: Nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512 p.

GRUENWALD, J.; BRENDLER, T.; JAENICKKE C. In: LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil: Nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512 p.

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

INSTITUTO CAMPINEIRO DE ENSINO AGRÍCOLA. **Principais culturas – II**. Campinas, 1981. 400 p.

KOCHIAN, L.V. Molecular physiology of mineral nutrient acquisition, transport and utilization. In: BUCHANA, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. Rockville: Courier Companies, 2000. p. 786-1222.

LEAL, F. P. **Desenvolvimento, produção e composição de óleo essencial da *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio**. 2001. 148 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

LOEWENFELD, C.; BACK, F. **Guia de las hierbas y especias**. Barcelona: Ediciones Omega, Casanova, 1980. P. 213-215.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais do Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. 512 p.

MAIA, N. B. Efeito da nutrição mineral na qualidade do óleo essencial da menta (*Mentha arvensis* L.) cultivada em solução nutritiva. In: MING, L. C. et al. (Coord.). **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares, avanços na pesquisa agrônômica**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, 1998. v.2, p. 81-95.

MAIRAPETYAN S. K. et al.. Aromatic plant culture in open – air hidroponics. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 502, p. 33-36, 1999.

MAGALHÃES, A.C.; MONTOJOS, J.C. Effect of solar radiation on the growth parameters and yield of two varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) **Turrialba**, v. 21, p. 165-168, 1971.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1986. v. 1, p. 331-50.

MANN, J. **Chemical aspects of biosynthesis**. Oxford: University Press, 1994. p 32-40.

MANN, J. **Secondary metabolism** 2 ed. Oxford: Clarendon Press, 1995. 374 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINS, E.R. Estudos em *Ocimum selloi* Benth.: isoenzimas, morfologia e óleo essencial. In: MING, L. C. et al. (Coord.). **Plantas medicinais, aromáticas e condimentares:**

avanços na pesquisa agrônômica Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1998. v. 2, p. 97-125.

McLAFERTY, F.W.; STAUFFER, D.B. **The Wiley / NBS Registry of Matter Spectral Data**. New York: Wiley, 1989. v. 1.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Switzerland: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. Some aspects of overall growth and its modification. In: MILTHORPE, F.L.; MOORBY, J. **An introduction to crop physiology**. London: Cambridge University Press, 1974. cap.9, p. 152-179.

MOTA, J.H. et al. Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface-americana em cultivo protegido. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 25, n. 3 p. 542-549, 2001.

MOREIRA, J.A.A. **Efeitos da tensão da água do solo e do parcelamento da adubação nitrogenada, sobre o crescimento e a produtividade de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1993, 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1993.

MUHLBAUER, A.; BEYER, J.; STEGLICH, W. The biosynthesis of the fungal meroterpenoids boviquinone-3 and -4 follows two different pathways. **Tetrahedron Letters**, v. 39, p. 5167-5170, 1998.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Agricultura – Departamento de Economia Rural. **Aspectos da cultura da menta no Paraná**. Curitiba, 1976. 39 p.

PICCAGLIA, R. et al. Agronomic factors affecting the yields and the essential oil composition of peppermint (*Mentha x piperita* L.). **Acta Horticulturae**, n. 344, p. 29-40, 1993.

PORTES, T. A.; CASTRO JUNIOR, L. G. Análise de crescimento de plantas: Um programa computacional auxiliar. **Revista Brasileira de Fisiologia**, v. 3, p. 53-60, 1991.

PRASZNA, L.; BERNATH, J. Correlations between the limited level of nutrition and essential oil production of peppermint. **Acta Horticulturae**, n. 344, p. 278-289, 1993.

RABAK, F. The effect of cultural and climatic conditione on the yield and quality of peppermint oil. **Bulletin Plant Industry**, Washington, n. 80, p. 450-454, 1917.

RANDHAWA, G.S.; KAUER, S. Optimization of harvesting time and row spacing for the quality oil in japanese mint (*Mentha arvensis* L.) varieties. **Acta Horticulturae**, Amherst, n. 426, p. 615-623, 1995.

RODRIGUES, J.D. **Influência de diferentes níveis de cálcio sobre o desenvolvimento de plantas de estiolosantes (*Styloshantes guyanensis* (Aubl) cv Cook), em cultivo hidropônico**. 1990. 180 f. Tese (Livre Docência em Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1990.

RODRIGUES et al. Efeito da relação $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$ e concentrações de K na solução nutritiva sobre o crescimento de menta (*Mentha piperita* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade de Olericultura do Brasil, 2002. vol. 20, n. 2, jul. 2002. 1 CD-ROM.

RUIZ, H.A. Relações molares de macronutrientes em tecidos vegetais como base para a formulação de soluções nutritivas. **Revista Ceres**, v. 44, p. 533-546, 1997.

SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MURAOKA, T. Deficiência nutricional em mudas de goiabeira decorrente da omissão simultânea de dois macronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 10, p. 1623-1631, 1998.

SANTOS et al. Diferentes concentrações de solução nutritiva para a cultura de alfavaca (*Ocimum basilicum*) em sistema de cultivo hidropônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Sociedade de Olericultura do Brasil, 2002. vol. 20, n. 2, jul. 2002. 1 CD-ROM.

SANTOS, R.I. dos. Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. In: SIMÕES. C. M. O. et al. **Farmacognosia. da planta ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Universidade Federal de Santa Catarina, p. 394-412, 2000.

SAS INSTITUTE. **The statistical analysis system** release 6. 12. 1996.

SILVA, F. da; CASALI, V.W.D. **Plantas medicinais e aromáticas: pós-colheita e óleos essenciais**. Viçosa, MG: Arte Livros, 2000. 135 p.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES. C. M. O. et al. **Farmacognosia. da planta ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul; Universidade Federal de Santa Catarina, p. 394-412, 2000.

SINGH, V.P.; SINGH, D.V. Effect of phosphorus deficiency on carbohydrate metabolism of *Mentha arvensis* L. **Physiol. Plant.**, Copenhagen, v. 21, p. 1341-1347, 1968.

SINHA, N. C.; SINGH, J. N. Studies in the mineral nutrition of japanese mint; Influence of potassium deficiency and seasonal variation on nitrogen metabolism, respiration rate and essential oil content. **Plant and Soil**, The Hague, v. 79, n. 1, p. 9-51. 1984.

SINHA, N. C.; SINGH, J. N. Influence of potassium deficiency on phosphorus metabolism, respiration, foliage growth and essential oil content. **Plant and Soil**, The Hague, v. 66, n. 1, p. 283-290. 1982.

SOARES, A.; SACRAMENTO, L.V.S. Desempenho de *Mentha* spp quanto a formação de raízes adventícias em função do substrato. In: **JORNADA PAULISTA DE PLANTAS MEDICINAIS**, 5., 2001, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, 24-29 set, 2001,

STAFF, H. Hidroponia. SEBRAE - MT- **Coleção Agroindústria**. v. 342, p. 61-67, 1993.

STEENBOCK, W. Plantas medicinais: resgate do saber popular, alternativa terapêutica, opção de renda e de conservação ambiental no centro do Paraná, Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília. v. 18, Jul., 2000. Suplemento.

STEFANINI, M.B. **Ação de fitorreguladores no rescimento de biomassa e teor de óleos essenciais em *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. – Verbenaceae, em diferentes épocas do ano.** 1997. 123 f. Tese (Doutorado/Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.

SVOBODA, K.P.; SVOBODA, T.G. **Secretory structures of aromatic and medicinal plants**. Knighton, U.K. Microscopix Publications, 2000. 61 p.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. **Plant physiology**. 7. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 1998. 792 p.

TOPALOV, V.; ZHELYAZKOV, V. Effect of harvesting on the yield of fresh material, essential oil, and planting material from *Mentha piperita* L. and *Mentha arvensis* L. **Herba-Hungarica**, Plovdiv, v. 50, p. 60-67, 1991.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária. **Estat sistema para análises estatística, versão 2**. Jaboticabal: Polo Computacional / Departamento de Ciências Exatas, 19...

URCHEI, M.A. **Efeitos de déficits hídricos em três estádios fenológicos da cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.)**. 1992, 164 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1992.

VIDAL, W.N.; VIDAL, M.R.R. **Botânica – Organografia: Quadros sinóticos ilustrados de fanerógamos**. 4. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 124 p.

WAGNER, H. **Pharmazeutische Biologie 2**. 5. ed. New York: G. Fischer, 1993. 522 p.

WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. **Adv. Agron.**, v. 4, p. 101-145, 1952.

WILKINSON, R.E. **Plant** : environment interactions. New York: Marcel Dekker, 1994.

XAVIER, F.E. **Análise de crescimento de quatro cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), em duas épocas de plantio, em Viçosa, Minas Gerais**. 1976. 26 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1976.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 2. ed. Englewood Cliffs: prentice-Hall, 1984. 718 p.

ZHELJAZKOV, V.; MARGINA, A. Effect of increasing doses of fertilizer application on quantitative and qualitative characteres of mint. **Acta Horticulturae**. n. 426. p. 579-592, 1996.

10. APÊNDICE

Tabela 1. Altura (cm) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª Colheita; (**) após a 1ª colheita. Média de 4 plantas.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)				
		1ª (21)	2ª (42)	3ª (63)	4ª (84)	5ª (105)
117,00* / 234,00**	R1	27,03	62,50	66,55	134,78	127,50
	R2	31,25	106,58	117,70	104,20	138,25
	R3	28,18	78,75	122,75	119,45	151,00
58,50* / 117,00**	R1	27,55	84,53	113,78	110,58	133,08
	R2	27,68	94,03	130,25	137,53	157,38
	R3	32,33	88,35	105,63	149,53	136,95
29,25* / 58,50**	R1	29,05	62,30	97,85	100,40	119,50
	R2	30,43	68,90	91,08	116,50	141,90
	R3	28,15	70,45	70,63	120,70	129,88

Tabela 2. Área foliar (dm²) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1^a Colheita; (**) após a 1^a colheita. Média de 4 plantas.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)				
		1 ^a (21)	2 ^a (42)	3 ^a (63)	4 ^a (84)	5 ^a (105)
117,00* / 234,00**	R1	3,74	16,74	14,99	76,89	41,04
	R2	4,60	37,88	30,93	27,45	60,84
	R3	4,36	23,88	44,91	89,88	70,49
58,50* / 117,00**	R1	3,60	18,06	32,22	70,17	62,38
	R2	2,63	26,85	75,00	93,40	69,84
	R3	3,94	40,69	49,13	82,72	50,67
29,25* / 58,50**	R1	2,80	17,44	69,42	22,68	58,95
	R2	4,93	26,21	33,76	74,69	73,47
	R3	3,46	24,06	19,57	30,23	43,76

Tabela 3 Massa seca (g) da raiz de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª Colheita; (**) após a 1ª colheita. Média de 4 plantas.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)				
		1ª (21)	2ª (42)	3ª (63)	4ª (84)	5ª (105)
117,00* / 234,00**	R1	0,39	3,00	6,36	10,28	7,27
	R2	0,55	7,46	8,64	8,75	23,95
	R3	0,48	7,28	9,93	12,66	22,03
58,50* / 117,00**	R1	0,37	4,70	13,28	16,18	27,03
	R2	1,17	5,38	16,30	14,91	19,41
	R3	0,41	10,79	8,47	9,78	23,48
29,25* / 58,50**	R1	0,42	3,75	11,60	7,62	15,48
	R2	0,54	8,57	7,86	17,04	23,58
	R3	0,36	4,81	4,53	11,84	18,50

Tabela 4 Massa seca (g) de caule mais pecíolos de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª Colheita; (**) após a 1ª colheita. Média de 4 plantas.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)				
		1ª (21)	2ª (42)	3ª (63)	4ª (84)	5ª (105)
117,00* / 234,00**	R1	0,67	7,89	6,39	39,78	27,70
	R2	0,96	10,14	18,28	17,97	65,39
	R3	0,99	8,28	23,64	48,77	66,44
58,50* / 117,00**	R1	0,92	10,31	14,91	33,44	48,54
	R2	0,69	17,89	28,39	52,04	96,09
	R3	1,01	15,95	20,53	64,83	56,48
29,25* / 58,50**	R1	0,74	8,88	26,12	17,15	39,94
	R2	1,11	8,80	15,97	42,52	69,54
	R3	0,77	6,14	8,83	20,57	48,35

Tabela 5. Massa seca (g) de folhas de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª Colheita; (**) após a 1ª colheita. Média de 4 plantas.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)				
		1ª (21)	2ª (42)	3ª (63)	4ª (84)	5ª (105)
117,00* / 234,00**	R1	1,01	5,28	4,54	17,90	10,30
	R2	1,46	8,68	9,65	5,82	20,40
	R3	1,42	5,56	15,55	24,84	23,21
58,50* / 117,00**	R1	1,29	7,21	8,87	19,31	20,00
	R2	1,04	10,38	19,66	24,49	22,01
	R3	1,41	10,54	16,17	24,52	15,57
29,25* / 58,50**	R1	1,07	5,81	21,36	6,21	15,68
	R2	1,63	7,35	12,08	23,61	22,82
	R3	1,13	6,85	7,11	7,24	11,81

Tabela 6. Massa seca parte aérea (g) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª Colheita; (**) após a 1ª colheita. Média de 4 plantas.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)				
		1ª (21)	2ª (42)	3ª (63)	4ª (84)	5ª (105)
117,00* / 234,00**	R1	1,67	13,17	10,93	57,68	38,00
	R2	2,41	18,82	27,93	23,79	85,78
	R3	2,42	13,84	39,19	73,61	89,65
58,50* / 117,00**	R1	2,21	17,51	23,78	52,74	68,54
	R2	1,73	28,27	48,05	76,53	118,11
	R3	2,42	26,49	36,69	89,35	72,04
29,25* / 58,50**	R1	1,81	14,68	47,48	23,36	55,61
	R2	2,74	16,15	28,05	66,13	92,36
	R3	1,90	12,99	15,94	27,81	60,16

Tabela 7. Massa seca total (g) de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª Colheita; (**) após a 1ª colheita. Média de 4 plantas.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)				
		1ª (21)	2ª (42)	3ª (63)	4ª (84)	5ª (105)
117,00* / 234,00**	R1	2,06	16,17	17,29	67,96	45,27
	R2	2,96	26,28	36,57	32,54	109,73
	R3	2,90	21,12	49,12	86,27	111,68
58,50* / 117,00**	R1	2,58	22,21	37,06	68,93	95,57
	R2	2,90	33,65	64,35	91,44	137,52
	R3	2,83	37,28	45,16	99,13	95,52
29,25* / 58,50**	R1	2,23	18,43	59,08	30,98	71,09
	R2	3,28	24,72	35,91	83,17	115,94
	R3	2,26	17,80	20,47	39,65	78,66

Tabela 8 Volume de óleo (mL) em 100 g de massa seca de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª Colheita; (**) após a 1ª colheita.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)		
		1ª (60)	2ª (105)	3ª (120)
117,00* / 234,00**	R1	1,08	1,54	1,33
	R2	1,43	1,33	0,97
	R3	0,91	1,42	1,40
58,50* / 117,00**	R1	1,06	1,86	1,71
	R2	1,49	1,51	1,53
	R3	1,65	1,41	1,48
29,25* / 58,50**	R1	1,29	0,54	1,02
	R2	1,90	1,83	1,78
	R3	1,03	1,18	0,19

Tabela 9. Teor de mentona (%) na composição do óleo de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª Colheita; (**) após a 1ª colheita.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)		
		1ª (60)	2ª (105)	3ª (120)
117,00* / 234,00**	R1	38,50	37,59	46,98
	R2	43,48	38,01	44,20
	R3	45,97	43,14	46,54
58,50* / 117,00**	R1	48,62	44,30	43,12
	R2	39,52	42,52	45,01
	R3	48,23	44,74	48,34
29,25* / 58,50**	R1	45,85	44,74	40,89
	R2	34,83	43,09	41,35
	R3	34,28	39,39	41,12

Tabela 10. Teor de mentofurano (%) na composição do óleo de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª Colheita; (**) após a 1ª colheita.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)		
		1ª (60)	2ª (105)	3ª (120)
117,00* / 234,00**	R1	8,68	9,94	15,25
	R2	9,03	11,03	17,01
	R3	9,25	8,49	12,67
58,50* / 117,00**	R1	10,76	8,89	14,61
	R2	9,47	9,49	15,76
	R3	10,42	10,15	14,46
29,25* / 58,50**	R1	8,04	10,78	19,20
	R2	8,68	11,23	14,52
	R3	11,85	11,81	16,86

Tabela 11. Teor de 1,8-cineol (%) na composição do óleo de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª Colheita; (**) após a 1ª colheita.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)		
		1ª (60)	2ª (105)	3ª (120)
117,00* / 234,00**	R1	3,26	5,25	4,63
	R2	4,09	5,30	4,05
	R3	3,69	6,46	5,24
58,50* / 117,00**	R1	4,95	5,64	4,87
	R2	4,17	5,26	3,97
	R3	4,06	5,78	4,53
29,25* / 58,50**	R1	4,89	4,33	4,25
	R2	4,05	5,40	5,13
	R3	3,27	4,70	4,69

Tabela 12. Teor de pulegona (%) na composição do óleo de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª Colheita; (**) após a 1ª colheita.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)		
		1ª (60)	2ª (105)	3ª (120)
117,00* / 234,00**	R1	0,76	0,70	3,14
	R2	0,66	0,72	2,71
	R3	0,87	0,59	1,97
58,50* / 117,00**	R1	0,91	0,00	2,22
	R2	0,70	0,71	3,18
	R3	1,33	0,52	2,76
29,25* / 58,50**	R1	0,52	0,60	4,00
	R2	0,86	0,69	2,74
	R3	1,66	0,82	3,37

Tabela 13. Teor de acetato de mentila (%) na composição do óleo de *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de potássio, nas várias colheitas. (*)Nível de Potássio fornecido até a 1ª Colheita; (**) após a 1ª colheita.

Nível de K (mg L ⁻¹)	Repetição	Colheita (Dias após transplante)		
		1ª (60)	2ª (105)	3ª (120)
117,00* / 234,00**	R1	12,99	3,71	1,90
	R2	3,43	3,74	2,89
	R3	4,57	1,79	1,62
58,50* / 117,00**	R1	3,79	2,19	2,27
	R2	4,91	2,36	2,21
	R3	5,76	3,15	1,68
29,25* / 58,50**	R1	2,74	2,63	3,20
	R2	7,12	2,11	2,12
	R3	10,80	3,00	2,66

Tabela 14. Médias das temperaturas(°C) e umidade relativa(%), mínima e máxima, obtidas por leitura em aparelho Termohigrógrafo, em casa de vegetação, no período compreendido entre 28 de novembro de 2002 a 24 de fevereiro de 2003. A média entre as datas referem-se aos intervalos entre as colheitas. A média geral é referente aos dados originais.

Média entre	Temperatura (°C)		Umidade Relativa(%)	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
28/10 a 14/11	12,19	26,33	37,17	96,44
15/11 a 04/12	15,60	31,38	42,35	98,10
05/12 a 24/12	15,45	29,63	50,65	97,75
25/12 a 13/01/03	14,70	30,40	42,20	91,10
14/01 a 04/02	14,09	25,64	55,45	94,23
05/02 a 24/02	15,10	27,15	48,60	97,65
Média Geral	14,55	28,41	46,38	95,84