

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “ JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**DESENVOLVIMENTO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DE ÓLEO
ESSENCIAL DA *Mentha piperita* L., CULTIVADA EM SOLUÇÃO
NUTRITIVA COM DIFERENTES NÍVEIS DE NITROGÊNIO**

FERNANDO PÉREZ LEAL

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

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

BOTUCATU – SP

Dezembro – 2001

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO
DIRETORIA DE SERVIÇO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO – FCA
UNESP – LAGEADO – BOTUCATU (SP)

L435d Leal, Fernando Pérez, 1955
Desenvolvimento, produção e composição de óleo essencial da *Mentha piperita* L., cultivada em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio.
/ Fernando Pérez Leal. -- Botucatu, [s.n.], 2001
xxi, 155 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) -- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas
Orientador: Carmen Sílvia Fernandes Boaro
Inclui bibliografia

1. Hortelã. 2. *Mentha piperita*. 3. Nutrientes inorgânicos. 4. Plantas – Efeito do nitrogênio 5. Plantas – Desenvolvimento 6. Plantas – Produção 7. Essências e óleos essenciais. I. Boaro, Carmem Sílvia Fernandes II. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (Campus de Botucatu). III Faculdade de Ciências Agronômicas. IV. Título.

Palavras – chave: *Mentha piperita*; Nutrientes inorgânicos; Efeito do nitrogênio; Desenvolvimento; Producao; Óleos essenciais.

**À DEUS,
Pela vida e oportunidades,
AGRADEÇO**

e

**Aos meus pais,
RAMON E HILDA
DEDICO**

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Carmen Sílvia Fernandes Boaro, pela competente orientação, exemplo de profissionalismo, compreensão, amizade e facilidades oferecidas para a realização do experimento.

Ao Prof. Dr. Lin Chau Ming e sua esposa Margarete pela amizade, oportunidade, e apoio para a realização do curso.

Assim, como ao amigo Francês Didier Lacasse e ao Dr. Michel Alexiades, por vinculares com a UNESP, através do Prof. Dr. Lin Chau Ming.

À Universidad Nacional de Ucayali – Peru, pela oportunidade para a realização do curso.

À Profa. Dra. Marcia Ortiz Mayo Marques, do Centro de Genética, Biologia Molecular e Fitoquímica do Instituto Agronômico de Campinas pela formação acadêmica, apoio na realização das análises fitoquímicos dos óleos essenciais e amizade.

À Universidade Estadual Paulista - UNESP, em especial à Faculdade de Ciências Agronômicas e Instituto de Biociências, Departamentos de Horticultura e Botânica, pela formação acadêmica e pela oportunidade para a realização do curso.

Ao Prof. Dr. Elias José Simón, pela colaboração e amizade, durante sua gestão na Diretoria da Faculdade de Ciências Agronômicas

Aos Professores Doutores João Domingos Rodrigues, Francisco Luis A. Câmara, Régério Lopes Vieites, Elizabeth Orika Ono, Roberto Vieira, William Bale e Rummy Goto pela formação acadêmica e amizade.

Ao Dr. Rafael Urrelo Guerra, ex-Reitor da Universidad Nacional Agraria de la Selva UNAS e ex-Congressista do Peru, por seu decisivo apoio na gestão de financiamento.

Ao CONCYTEC – Peru, em especial ao Ing. Juan Barreda Delgado e à senhora Mercedes Fernández, pela concessão da bolsa de estudo.

À todos os funcionários do Departamento de Horticultura e de Botânica - UNESP, em especial a Rosemeire Pessoa Penaloza, Edson Alves Rosa, Admílson Moises Gonçalves, Edivaldo Matos de Almeida, Luis Fernando Conte, Benedito Thomé Franco, Eduardo Costa, Wellington Rodrigo de Almeida, Clemente e Anelsa, pela colaboração e amizade.

Aos amigos do curso de Pós-graduação: Arí Freitas Hidalgo, Francisco Célio Maia Chaves, Mauro Brasil, Lilia Salgado, Magnolia Aparecida, Maria dos Anjos, Cassia Fernanda Domingues Bassan, Sandra Maria Pereira Silva, Edson Mathos Gesteni, Cirino Corrêa Júnior, Duce, Paulo Costa, Santino Seabra Junior, Silvio César Pantano, Cassia, e Carlos Moreyra pela amizade e companheirismo durante o curso.

Aos patrícios Edwin Camacho Palomino, Julio Amaya Robles, Fedra Gidget Quijano, Oscar Tupiño, Charlot, Carlos, e Gustavo, pela amizade e colaboração.

Aos funcionários da seção Pós-graduação, da Biblioteca e de SENAGRI da FCA – Campus de Botucatu, em especial a Marilena do Carmo Santos, Marlene Rezende de Freitas Jaqueline de Moura Gonçalves, Rita de Cássia Colognesi Contin, e Wilson Roberto de Jesus pela colaboração, durante a realização do curso.

À Prof^a. Mônica Taufic Rosolem, pela revisão do summary.

Aos amigos Maria Luisa Fran e seu esposo Miguel Airton Silva, ao Pe. Joinville, pela amizade e colaboração.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus Sinceros Agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE QUADROS	IX
LISTA DE FIGURAS	XIV
1 RESUMO	1
2 SUMMARY	3
3 INTRODUÇÃO	5
4 REVISÃO DE LITERATURA	7
4.1 A menta	7
4.2 Histórico da planta de menta	7
4.3 <i>Menta piperita</i>	11
4.4 Utilização da planta	12
4.5 Utilização do óleo	12
4.6 Qualidade do óleo essencial	13
4.7 Cultivo em solução nutritiva	16
4.8 Nutrição mineral	17
4.9 Efeito da luz	22
4.10 Efeito da temperatura	23
4.11 Colheita e produção de óleo	24
4.12 Análise de crescimento de plantas	28
5 MATERIAL E MÉTODOS	32
5.1 Local e Clima	32
5.2 Material vegetal	33

5.3	Cultivo das plantas em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio ..	33
5.4	Tratos fitossanitários	36
5.5	Delineamento experimental	37
5.6	Parâmetros avaliados	37
5.6.1	Comprimento de parte aérea	37
5.6.2	Número de folhas	38
5.6.3	Área foliar	38
5.6.4	Massa fresca	38
5.6.5	Massa seca	38
5.6.6	Razão de área foliar (RAF)	39
5.6.7	Área foliar específica (AFE)	39
5.6.8	Taxa assimilatória líquida (TAL)	40
5.6.9	Taxa de crescimento relativo (TCR)	40
5.6.10	Produção de óleo essencial	41
5.6.11	Composição de óleo essencial	41
5.7	Avaliação estatística	42
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
6.1	Comprimento de parte aérea	44
6.2	Número de folhas	48
6.3	Área foliar	53
6.4	Massa fresca de caules	57
6.5	Massa fresca de folhas	61
6.6	Massa fresca de parte aérea	64

6.7	Massa fresca de estolões	67
6.8	Massa fresca de raízes	70
6.9	Massa fresca total	73
6.10	Massa seca de caules	76
6.11	Massa seca de folhas	80
6.12	Massa seca de parte aérea	84
6.13	Massa seca de estolões	87
6.14	Massa seca de raízes	90
6.15	Massa seca total	94
6.16	Razão de área folia (RAF)	98
6.17	Área foliar específica (AFE)	101
6.18	Taxa assimilatória líquida (TAL)	104
6.19	Taxa de crescimento relativo (TCR)	107
6.20	Produção de óleo essencial	110
6.21	Composição do óleo essencial	114
6.21.1.	Conteúdo de mentol	115
6.21.2.	Conteúdo de mentona	120
6.21.3.	Conteúdo de mentofurano	123
6.21.4.	Conteúdo de 1,8-cineol	126
6.21.5.	Conteúdo de pulegone	129
6.21.6.	Conteúdo de acetato de mentila	132
6.21.7.	Considerações finais	135
7	CONCLUSÕES	141

8 BIBLIOGRAFIA 143

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
<p>1. Tratamentos a que foram submetidos as plantas de <i>Mentha piperita</i> L. cultivados em solução nutritiva de Hoagland e Arnon. (*) nível de nitrogênio fornecido até a 3^a colheita; (**) de 4^a em diante</p>	34
<p>2. Análise de variância e comparação entre médias de comprimento de parte aérea (cm), de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março</p>	46
<p>3. Análise de variância e comparação entre médias de número de folhas de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março</p>	51
<p>4. Análise de variância e comparação entre médias de área foliar (dm²), de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março</p>	55
<p>5. Análise de variância e comparação entre médias de massa fresca de caules (g), de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março</p>	59

6. Análise de variância e comparação entre médias de massa fresca de folhas (g) de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março 62
7. Análise de variância e comparação entre médias de massa fresca de parte aérea (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março 65
8. Análise de variância e comparação entre médias de massa fresca de estolões (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março 68
9. Análise de variância e comparação entre médias de massa fresca de raízes (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas realizadas entre janeiro e março 71
10. Análise de variância e comparação entre médias de massa fresca total (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março 74
11. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de caules (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e

março	78
12. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de folhas (g), de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março	82
13. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de parte aérea (g), de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março	85
14. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de estolões (g), de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março	88
15. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de raízes (g), de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março	92
16. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca total (g), de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março	96
17. Razão de área foliar (dm^2 / g) de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas.	

Média de quatro repetições	100
18. Área foliar específica (dm^2 / g) de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas.	
Média de quatro repetições	103
19. Taxa assimilatória líquida ($\text{g} / \text{dm}^2 \times \text{dia}$) de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. Média de quatro repetições	106
20. Taxa de crescimento relativo ($\text{g} / \text{g} \times \text{dia}$) de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. Média de quatro repetições	109
21. Análise de variância e comparação entre médias de volume de óleo essencial (ml/planta) de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março aos 70, 80 e 90 dias após transplante	112
22. Análise de variância e comparação entre médias de mentol (%) no óleo essencial de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante	118
23. Análise de variância e comparação entre médias de mentona (%) no óleo essencial de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante	121

24. Análise de variância e comparação entre médias de mentofurano (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante 124
25. Análise de variância e comparação entre médias de 1,8-Cineol (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante 127
26. Análise de variância e comparação entre médias de pulegone (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante 130
27. Análise de variância e comparação entre médias de acetato de mentila (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante 133

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Plantas de menta (<i>Mentha piperita</i>) cultivadas em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio	36
2. Comprimento de parte aérea (cm) de <i>Mentha piperita</i> , cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 105 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a ; T2: 263 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 132 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a e T3: 315 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 158 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a . Valores ajustados pela equação exponencial quadrática	47
3. Número de folhas de <i>Mentha piperita</i> , cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 105 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a ; T2: 263 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 132 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a e T3: 315 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 158 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a . Valores ajustados pela equação exponencial quadrática	52
4. Área foliar (dm ²) de <i>Mentha piperita</i> , cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 105 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a ; T2: 263 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 132 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a e T3: 315 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 158 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a . Valores ajustados pela equação exponencial quadrática	56
5. Massa fresca de caules (g) de <i>Mentha piperita</i> , cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210	

- mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 60
6. Massa fresca de folhas (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 63
7. Massa fresca de parte aérea (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 66
8. Massa fresca de estolões (g) de *Mentha piperita*, cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 69
9. Massa fresca de raízes (g) de *Mentha piperita*, cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 72

10. Massa fresca total (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 75
11. Massa seca de caules (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 79
12. Massa seca de folhas (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 83
13. Massa seca de parte aérea (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 86
14. Massa seca de estolões (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210

- mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 89
- 15.** Massa seca de raízes (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 93
- 16.** Massa seca total (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 97
- 17.** Razão de área foliar (dm² / g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 100
- 18.** Área foliar específica (dm² / g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 103

- 19.** Taxa assimilatoria líquida ($\text{g} / \text{dm}^2 \times \text{dia}$) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: $210 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ até 3ª colheita e 105 mg.L^{-1} a partir da 4ª; T2: $263 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ até 3ª colheita e 132 mg.L^{-1} a partir da 4ª e T3: $315 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ até 3ª colheita e 158 mg.L^{-1} a partir da 4ª. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 106
- 20.** Taxa de crescimento relativo ($\text{g} / \text{g} \times \text{dia}$) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: $210 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ até 3ª colheita e 105 mg.L^{-1} a partir da 4ª; T2: $263 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ até 3ª colheita e 132 mg.L^{-1} a partir da 4ª e T3: $315 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ até 3ª colheita e 158 mg.L^{-1} a partir da 4ª. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática 109
- 21.** Óleo essencial ($\text{ml} / \text{planta}$) de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante. T1: $210 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ até 3ª colheita e 105 mg.L^{-1} a partir da 4ª; T2: $263 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ até 3ª colheita e 132 mg.L^{-1} a partir da 4ª e T3: $315 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ até 3ª colheita e 158 mg.L^{-1} a partir da 4ª 113
- 22.** Mentol (%) no óleo essencial de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70,80 e 90 dias após transplante. T1: $210 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ até 3ª colheita e 105 mg.L^{-1} a partir da 4ª; T2: $263 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ até 3ª colheita e 132 mg.L^{-1} a partir da 4ª e T3: $315 \text{ mg.L}^{-1} \text{ N}$ até 3ª colheita e 158 mg.L^{-1} a partir

da 4 ^a	119
23. Mentona (%) no óleo essencial de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante. T1: 210 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 105 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a ; T2: 263 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 132 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a e T3: 315 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 158 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a	122
24. Mentofurano (%) no óleo essencial de <i>Mentha piperita</i> , cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante. T1: 210 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 105 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a ; T2: 263 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 132 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a e T3: 315 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 158 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a	125
25. 1,8-Cineol (%) no óleo essencial de <i>Mentha piperita</i> cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante. T1: 210 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 105 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a ; T2: 263 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 132 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a e T3: 315 mg.L ⁻¹ N até 3 ^a colheita e 158 mg.L ⁻¹ a partir da 4 ^a	128
26. Pulegone (%) no óleo essencial de <i>Mentha piperita</i> , cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante. T1: 210 mg.L ⁻¹ N até	

- 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a 131
- 27.** Acetato de mentila (%) no óleo essencial de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a 134

1 RESUMO

O presente trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento, a produção e a composição de óleo essencial da *Mentha piperita* L. submetida à variação dos níveis de nitrogênio, em solução nutritiva.

O experimento foi instalado em casa de vegetação do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, Estado de São Paulo, no período de dezembro de 2000 a março de 2001. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 3x7, com três níveis de nitrogênio e sete colheitas de modo a cobrir todo o ciclo do vegetal. Para produção e composição de óleo essencial, o esquema fatorial foi 3x3, ou seja, três níveis de nitrogênio e três colheitas. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias de tratamentos com os diferentes níveis de nitrogênio foram comparadas pelo teste de Tukey,

segundo as especificações de Zar (1984), utilizando-se o nível de 5 % de significância. O fator colheita foi avaliado por meio de análise de regressão, exceto quando se avaliou a produção de óleo.

Os níveis de nitrogênio iguais a 210, 263 e 315 mg.L⁻¹, corresponderam, respectivamente, à dose completa de nitrogênio proposta na solução nutritiva de Hoagland & Arnon e a adição a essa dose de 25 e 50 % mais do nutriente. Depois da 3ª colheita esses níveis foram reduzidos a 50 %. O desenvolvimento foi avaliado pelos parâmetros comprimento de caule, número de folhas, área foliar, massa fresca e seca de caules, folhas, parte aérea, estolões, razão de área foliar, área foliar específica, taxa assimilatória líquida e taxa de crescimento relativo. Além disso, avaliou-se a produção e a composição do óleo essencial de *M. piperita*.

De acordo com os resultados obtidos nas condições do estudo, concluiu-se que as dosagens iguais a 25 e 50 % acima daquela preconizada para a solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon, mesmo após terem sido diluídas a 50 %, promoveram redução no desenvolvimento, na produção e na qualidade da composição de óleo essencial de *M. piperita*, cultivada em solução nutritiva.

DEVELOPMENT, YIELD AND COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL OF *Mentha piperita*
L. CULTIVATED IN NUTRIENT SOLUTION, WITH DIFFERENT NITROGEN LEVELS.

Botucatu 2001. 155 p.

Dissertação (Mestrado em Agronomia / Horticultura)

Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: FERNANDO PÉREZ LEAL

Adviser: CARMEN SÍLVIA FERNANDES BOARO.

2 SUMMARY

The aim of this research was to study the influence of different levels of nitrogen on the development, yield and composition of essential oil of *Mentha piperita* L. cultivated in nutrient solution.

The experiment was carried out in the greenhouse at the Department of Botany at the Bioscience Institute from São Paulo State University – UNESP / Botucatu, from December 2000 to March 2001.

The treatments followed a completely randomized experimental design, with 4 replications, using 3 levels of nitrogen for development analysis. Seven harvests were reaped in a 3 x 7 factorial scheme. The yield and composition of oils of the plants submitted to 3 levels of nitrogen, in 3 harvests in a 3 x 3 factorial scheme were evaluated.

The levels of nitrogen in the nutrient solution of Hoagland & Arnon were 210 mg.L⁻¹, 263 mg.L⁻¹ and 315 mg.L⁻¹, corresponding to a complete dose more 25 and 50 % respectively. After the third harvest, these levels were reduced to 50 %.

The stem length, the number of leaves, leaf area, fresh and dry matter of stems, leaves, shoot, stolons, leaf area ratio, specific leaf area, net assimilation rate and relative growth rate were evaluated.

Moreover, the yield and composition of essential oil of *M. piperita* were determined.

The results showed that *M. piperita* L. was sensitive to the nitrogen when the doses of the nutrient solution were higher than the complete level in the Hoagland & Arnon solution even when they were reduced to 50 %.

The development, yield of the plants and quality of the essential oil were harmed by the higher levels of nitrogen.

Keywords: *Mentha piperita*, nitrogen, nutrient solution, development, yield, essential oil, menthol, menthone, menthofuran, 1-8 cineole, pulegone, menthyl acetate.

3 INTRODUÇÃO

As mentas são plantas aromáticas conhecidas também como hortelã, hortelã pimenta ou menta japonesa e compreendem as várias espécies da família Labiatae que têm importância como fonte de óleo essencial que fornecem, principalmente o mentol, produto utilizado pelas indústrias alimentícias e farmacêuticas. A cultura de menta iniciou-se no Estado de São Paulo no começo do século passado. 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, com registros de queda, após esgotamento da fertilidade natural do solo onde se implantou a cultura (Paraná, 1978).

A menta mais comum no Brasil em hortas e jardins, pertencente à espécie *Mentha piperita* L., é bem adaptada aos trópicos e subtropicais. Segundo Pursel citado por Giacometti (1989), a menta que tem sido mais cultivada para a extração industrial

de óleo no Brasil, Japão, Austrália e China, pertence à espécie *M. arvensis* L. var. *piperacens* Malinvaud.

No entanto, a “black peppermint” cultivada nos Estados Unidos para extração de óleo e com grande valor comercial no mercado internacional é a *M. piperita* que tem origem híbrida (*M. aquática* x *M. spicata*). A cotação de óleo de *M. piperita* é superior ao da *M. arvensis*, que embora mais rico em mentol, é de sabor menos agradável.

Deve ser registrado que a produção e a composição final do óleo essencial é afetada por vários fatores ambientais, sendo a nutrição da planta, um dos mais importantes (Maia, 1994).

Assim, para melhora das condições de desenvolvimento da cultura são necessários estudos básicos numa tentativa de solucionar alguns problemas que envolvem a nutrição mineral da espécie.

Com base no acima exposto, 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 nitrogênio.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 A Menta

A menta é uma planta aromática conhecida também como hortelã, hortelã pimenta, ou menta japonesa, pertencente à família Labiatae, que se adapta bem ao cultivo em soluções nutritivas. No entanto é necessário estudar os fatores que afetam o rendimento e a composição do óleo essencial, para se avaliar as conseqüências do uso da tecnologia que venha a ser aplicada em pequena e grande escala, em nível urbano e rural.

4.2 Histórico da planta de menta

Page & Stearn citados por Giacometti (1989), referem que o nome mentha e, em latim, menta, são originários de uma língua arcaica pré-grega e pré romana, há 3 ou 4 mil anos, quando os ancestrais latinos dos gregos e romanos emigraram para a bacia do

Mediterrâneo. Rosengarten citado pelo mesmo autor, relata que na mitologia grega, mentha deriva de Minthes, belíssima ninfa que foi transformada na planta por Proserpina, a esposa de Platão, numa crise de suspeitas e de ciúmes.

Guenther (1949) registra que os primeiros relatos da ocorrência da menta datam do século I e correspondem à *Mentha arvensis*, quando o sacerdote japonês Enzan levou a planta da China para seu país, cultivando-a aos arredores de Kyoto, para usar suas folhas no chá. Em 1870 houve um aumento na área plantada próximo à cidade de Yamagata e em 1892, em outras ilhas do Japão.

O cultivo desta espécie por muito tempo se restringiu ao monopólio chinês e japonês.

Existem várias espécies de menta originárias do sul da Europa e Ásia Ocidental. As várias espécies de menta facilmente produzem híbridos comuns, o que constitui uma séria dificuldade para se identificar as espécies (Giacometti, 1989).

No Brasil a menta passou a ser cultivada em pequena escala pelos primeiros imigrantes japoneses, no começo do século, principalmente após o grande terremoto de 1923, que a trouxeram para o interior do Estado de São Paulo (Lima & Mollan, 1952).

As restrições comerciais impostas aos produtos japoneses durante a guerra Sino - japonesa e II Guerra Mundial causaram escassez de óleo de menta e do mentol no mundo todo, elevando seus preços e estimulando os agricultores japoneses imigrados para o Brasil, a cultivarem a menta em escala industrial. Assim, o Brasil passou a ter grande importância mundial na produção deste óleo essencial, alcançando em pouco tempo o nível de grande produtor e exportador de óleo essencial e mentol (Paraná, 1978).

Guenther (1949) referiu que as primeiras plantações brasileiras de *M. arvensis* foram feitas na Fazenda São Bartolomeu no município de Paraguaçu Paulista, SP.

Santos (1993) acrescentou que, a partir de Paraguaçu Paulista, o cultivo de menta avançou para o Norte do Estado de Paraná, estabelecendo-se atualmente no Paraguai. No Brasil ela foi intensamente cultivada entre 1963 e 1975, quando então começou a entrar em declínio.

Na década de setenta a produção de menta no Brasil correspondeu a 63,7 a 80,8 % da produção mundial. Neste período, o Estado do Paraná foi considerado o maior produtor mundial de óleo essencial de menta, com 95 % da produção brasileira.

No Brasil a menta desenvolveu-se como uma cultura desbravadora, em terras recém desmatadas, ou seja, solos férteis do Estado do Paraná e São Paulo, com altitude entre 250 e 400 metros, que ofereceram condições favoráveis para o seu cultivo (IAPAR, 1978).

A partir da safra de 1974 a produção de óleo essencial foi decrescendo devido a diminuição das áreas de desbravamento e o baixo nível tecnológico do agricultor. Após o esgotamento da fertilidade natural do solo onde implantou inicialmente a cultura, o agricultor abandona a área e vai se estabelecer em outro local, iniciando uma nova derrubada da mata virgem, com a retomada do mesmo processo predatório de exploração do solo. Como as áreas de desbravamento foram extintas, a atividade mentícola no Estado do Paraná praticamente desapareceu.

Também deve ser ressaltado que depois do Brasil, a China e o Paraguai destacaram-se como principais fornecedores mundiais de óleo (Kiefer, 1986).

Nair et al (1991) refere que devido à política interna de produção adotada mais recentemente, a produção de menta aumentou no Norte da Índia, onde segundo vários autores, a planta apresenta uma grande importância econômica e social. Rech et al. (2000) referiram que o Brasil, na década de noventa importou cerca de 60 t/ano de óleo de *Mentha piperita*, o que poderia ser cultivado em 1000 ha de terreno.

Moraes (2000) estudando o potencial de mercado para óleos essenciais de oito ervas medicinais aromáticas e condimentares, no Rio Grande do Sul, Brasil, concluiu que o número de indústrias que trabalham na produção de aromas e essências, inclusive óleos de frutas, madeiras e bulbos, não ultrapassa dez. O número de empresas que trabalham em nível de atacado, com embalagens de 50, 100 e 200 Kg, está próximo de trinta. Estima-se que mais de 90 % dos óleos essenciais destinados ao mercado interno brasileiro são importados. No mercado varejista brasileiro, os principais consumidores de óleos essenciais são as farmácias de manipulação, utilizando-os para a preparação de fórmulas fitoterápicas, e as empresas fabricantes de perfumes. Dentro das espécies pesquisadas, os óleos de hortelã e alecrim destacam-se em termos de volume total comercializado. O óleo de hortelã apesar de apresentar baixo preço em relação aos outros óleos, têm boas possibilidades no mercado interno de óleos essenciais em expansão, onde o abastecimento ainda é realizado por produto importado. No entanto, é necessário levantamento exato dos custos de produção de massa verde e de óleo de hortelã. Em 1999, o preço médio de óleo por kg foi igual a R\$ 10,00 no atacado e R\$ 40,00 no varejo. Neste ano, o volume estimado de comercialização foi igual a 250 toneladas, movimentando 10 milhões de reais.

Arizio (2000) analisando as importações de essências e oleorresinas do mercado europeu do quinquênio 93/98, indicou porcentagens iguais a 12.6 % para

peppermint (*Mentha piperita*), 8,2 % para limão, 6,5 % para laranja e outras mentas, entre os 37 % do total importado pela União Européia.

4.3 *Mentha piperita*

Segundo Loewenfeld & Back (1980) a *Mentha piperita* L. é considerada superior quanto ao conteúdo de mentol, substância responsável pelo sabor refrescante característico. São plantas perenes que crescem rapidamente quando não são podadas. É um híbrido da menta comum (*M. viridis* ou *M. spicata*) e a menta aquática (*M. aquatica*). Suas folhas são alongadas ovaladas, pecioladas e avermelhadas. Nas axilas das folhas superiores terminais aparecem inflorescências de cor púrpura e raramente desenvolvem sementes. Comumente a *M. piperita* é confundida com spearmint (*M. spicata*), possivelmente originária do cruzamento de *M. longifolia* com *M. suaveolens*, de caule, ramos e folhas glabros. Esta planta é estolonífera.

Giacometti (1989) refere que a *M. piperita*, mais comum no Brasil em hortas e jardins, é bem adaptada nos trópicos e subtropicais, apresentando 60 a 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.

De acordo com Loewenfeld & Back (1980), a *M. piperita* é fácil de ser cultivada e sua multiplicação pode ser feita em qualquer momento por divisão de estolões 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 do fungo em suas folhas, mais

frequente quando ocorrem mudanças bruscas de temperatura. Se este for o caso, a menta deve ser cortada e utilizada imediatamente, iniciando-se o seu cultivo em um lugar limpo ou novo.

4.4 Utilização da planta

A menta dá um sabor característico às hortaliças cozidas, como por exemplo, as cenouras, as batatas e as ervilhas. Seu efeito refrescante melhora o sabor das saladas de frutas e de verduras, assim como de bebidas de frutas. As folhas de menta podem servir para temperar carnes antes de assá-las. O óleo é um aromatizante importante de licores, e medicamentos.

O chá é conhecido como tônico digestivo, antiespasmódico e para aliviar o estômago depois de vômito. Utilizado como loção, é benéfico para combater as infecções da pele, protegendo-a. As folhas frescas aliviam as dores de cabeça e de articulações reumáticas, quando em contato com essas regiões.

4.5 Utilização do óleo

De acordo com Clark (1988), citado por Maia (1994), os principais usos do mentol são em higiene bucal, fármacos, tabaco, confeitos, e creme barbear, entre outros.

Por outro lado, o óleo essencial de menta pode vir a ser usado numa infinidade de outros produtos, considerada sua atividade fungicida de amplo espectro, sobre agentes patológicos de plantas e animais.

Singh et al. (1992) concluíram que o óleo de menta, além de antifúngico, desempenhou um papel antibacteriano e controlou o desenvolvimento de

Salmonella sp. e *Staphylococcus sp.* Entre os fungos, controla a *Alternaria sp.*, o *Fusarium sp.*, o *Cochliobolus sativus*, o *Sclerotium rolfii* e o *Aspergillus parasiticus*. Os autores também sugerem o seu uso direto sobre grãos e alimentos armazenados, visando o controle de microorganismos e insetos. Assim, os potenciais de aplicação do óleo em novos produtos e, conseqüentemente, as expansões da sua demanda são grandes.

4.6 Qualidade do óleo essencial

A importância da menta está na extração de seu óleo essencial, por destilação a vapor, em destiladores especiais. O óleo, assim obtido, na forma bruta, é o produto final comercializado pelos produtores, sendo posteriormente submetido à processos industriais de desdobramento de seus componentes, fornecendo principalmente o mentol cristalizado. Este produto de elevada importância industrial, além do óleo desmentolado, apresenta ampla aplicação nas indústrias especializadas (Engler, 1964).

O óleo essencial na menta, é encontrado em células oleíferas distribuídas pelas folhas e conjuntos florais da planta, de onde é extraído na razão média de 1 % do peso do material a ser destilado (Araujo, 1966).

Guenther (1949) descreveu o óleo essencial de menta como tendo as seguintes características físicas:

Peso específico a 25 °C	0,826 a 0,898
Rotação óptica	- 29° 12' a - 42° 48'
Índice de refração	- 1,14577 a 1,14695
Teor de mentol total	65,2 a 88,9 %

Teor de éster (metil acetato) 4,5 a 18,9 %

Charles et al. (1990) e Gallino & Sacco (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 %), mentofuram (4,8 – 1,3 %), pulgeone (4,8 – 1,3 %), terpineol (2,4 – 1,5 %), metil – acetato (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 %).

Maia, em 1994, detectou mais de 60 componentes no óleo essencial de *M. piperita*.

Os teores das substâncias presentes no óleo, são muito dependentes de fatores ambientais. Assim, plantas desenvolvidas sob diferentes condições podem conter óleos com características diferentes. O fotoperíodo (Clark, 1994), a temperatura (Heraldh et al., 1979), o regime hídrico (Charles et al., 1990), o método de irrigação (Duhan et al., 1977), a variedade plantada (Donalisio et al., 1985), e a nutrição mineral (Maia, 1994), são alguns fatores que podem alterar a composição do óleo essencial. Os compostos que formam o óleo não têm função direta nas principais atividades bioquímicas da planta, tais como fotossíntese, respiração, síntese protéica, etc., e por isso, são designados metabólitos secundários.

Rech et al. (2000) estudando *M. piperita* cv Italo Mitcham, no Rio Grande do Sul, identificaram 32 componentes, correspondendo a um total de 98 % da fração volátil analisada. Deste porcentual, 65 % correspondem aos monoterpenos oxigenados, como Mentol (45 %) e mentona (20 %). Os outros componentes, em menor quantidade identificados foram 1,8-cineol (3,6 %), isomentona (3,0 %), pulegona (1,4 %), mentofurano (3,5 %) e acetato de mentila (2,3 %). Em relação ao conteúdo de mentofurano no óleo essencial do

mesmo material genético, cultivado em diversas latitudes, os mesmos autores registram os seguintes resultados: 19,8 % em Campinas a 22° Latitude sul, 3,5 % em Caxias do Sul a 30° Latitude Sul e 2,4 % em Montevideú – Uruguai a 35° de Latitude Sul e 4,4 % na Itália a 45° Latitude Norte. Estes resultados indicam variações causadas por efeitos do ambiente.

Simões (2000) afirma que a pulegone e o mentofurano, são componentes indesejáveis pela ação hepatotóxica.

Lima & Mollam (1952) mencionam que a *M. arvensis* IAC 701 deve ser colhida em pleno florescimento, durante 3 a 4 semanas. Os teores de mentona diminuem de maneira constante à medida que a erva amadurece; os ésteres, ao contrário, aumentam e os teores de mentol, depois de atingirem o máximo, diminuem com alteração do teor de mentol livre. O aumento do teor de ésteres e a diminuição da mentona beneficiam a qualidade da essência.

Rabak (1917) concluiu que o rendimento de óleo nas plantas decresce com a maturação, ocorrendo aumento da porcentagem de ésteres no óleo. Chiris (1925) avaliou o óleo bruto em menta e observou que no início de florescimento o rendimento era mais elevado, diminuindo a seguir. Por outro lado, quanto mais velhas as plantas, maior o teor de mentol até o florescimento, após o que o seu rendimento decresce, devido à prováveis mudanças na fração de terpenos do óleo. Topalov & Zhelyazkov (1991) obtiveram os maiores rendimentos em *M. piperita* com 50 % de florescimento. O conteúdo de mentol aumentou nas colheitas mais tardias, elevando a qualidade do óleo.

Brittem & Basford (1986) observaram que em *M. arvensis* o mentol contido no óleo não foi afetado pela temperatura. Burbott & Loomis (1966) observaram que em *M. piperita*, em condições de dias longos, houve aumento de crescimento com aumento de

monoterpenos. Por outro lado, verificaram que noites curtas e frias e dias com maior número de horas de luz aumentaram a formação de mentofurano e pulegone. Verificaram também que a baixa intensidade de luz não influenciou a composição dos terpenos.

4.7 Cultivo em solução nutritiva

Huterwal (1986) citou Woodward que, em 1699, cultivou menta em água de chuva e de rio e verificou maior crescimento das plantas cultivadas em água com maior porcentagem de terra.

A consagração da prática hidropônica ocorreu na última guerra mundial devido às necessidades de produzir alimento para oficiais e soldados, diminuindo os estados alarmantes de avitaminoses, quando o clima muito frio da Groenlândia e muito seco das Ilhas Guadalupe impedia o êxito dos cultivos.

O primeiro importante cultivo hidropônico instalado foi na Ilha Ascensão e consistiu de muitos tanques de cimento com pedregulho de rochas vulcânicas no fundo. A solução nutritiva utilizada foi a de Gericke, que em 1939 começou a cultivar plantas “sem terra”. Três meses depois de iniciados os trabalhos, obtiveram-se as primeiras colheitas com êxito.

Mais tarde, as Forças Armadas Americanas de Ocupação foram forçadas a adotar o método hidropônico no Japão.

Nos Estados Unidos, é prática comum o cultivo de flores e hortaliças ao ar livre e em casa-de-vegetação, utilizando soluções de sais minerais. Por outro lado, também é comum o uso da vermiculita como substrato que, sendo um material micáceo e poroso, apresenta resultados superiores.

Dessa forma, vários trabalhos demonstram hoje a possibilidade de se cultivar espécies vegetais em várias formulações de solução nutritiva, com ou sem substrato.

Como em qualquer cultivo hidropônico, o valor do pH da solução nutritiva deve ser controlado e mantido entre 5,5 e 6,0 para o cultivo de menta.

4.8 Nutrição mineral

A menta foi definida por Maia em 1994 como uma planta exigente em sua nutrição mineral. O autor que avaliou plantas tratadas com solução nutritiva completa preparada de acordo com Sarruge (1975), referiu que as mesmas apresentaram desenvolvimento normal, boa coloração e adequados tamanho e número de brotações. Aos 30 e 40 dias após o plantio, os vasos de cultivo, com capacidade para 6 litros e contendo quartzo moído, apresentavam-se completamente cobertos pelas plantas. A produção média de massa seca por vaso em que foram plantados 8 estolões com 3 gemas cada um, foi de 32,1 g, no tratamento com solução nutritiva completa. A colheita do experimento foi feita 77 dias após o plantio, quando a maioria dos botões florais estavam na eminência de abrirem. Nesse experimento, as folhas representaram 22 a 49 % da massa seca total da planta e as raízes 11,28 %. Havendo, portanto, uma pequena quantidade de raízes para absorverem os nutrientes necessários para uma grande quantidade de massa verde, a planta necessita ter à sua disposição uma maior quantidade de nutrientes (Maia, 1994). O cultivo em solução nutritiva garante à planta essa condição.

Por outro lado, Maia (1994) usou cromatografia gasosa para a determinação dos teores das substâncias presentes no óleo. Encontrou que, entre as substâncias mais afetadas pela omissão de nutrientes na solução nutritiva estão o limoneno, a mentona, o

mentol e o metil acetato, respectivamente com tempo de retenção iguais a 6,649, 10,498, 11,777 e 15,382 minutos.

A omissão de nitrogênio segundo Maia (1994), resultou em plantas com desenvolvimento muito reduzido desde o início de brotação. As folhas amareladas, não apresentaram a pilosidade característica da espécie e tinham as pontas mais arredondadas. As hastes não se desenvolveram, ficando a planta bastante baixa, sem brotações laterais e estolões. Na omissão de fósforo, o autor observou folhas menores, mas com a mesma coloração e pilosidades das folhas das plantas tratadas com solução completa. Na época da colheita, as folhas mais velhas começaram a desenvolver uma coloração marron na face dorsal. A maior diferença observada nas plantas deficientes em fósforo ocorreu nas hastes, que ficaram mais avermelhadas e apresentaram poucas brotações laterais bem pequenas. As plantas que receberam solução nutritiva com omissão de potássio apresentaram 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. O sinal da omissão de cálcio nas plantas foi uma bacteriose. Inicialmente, as folhas apresentaram manchas que se desenvolveram próximas das nervuras centrais com encurvamento das mesmas, evoluindo, posteriormente, por toda a sua superfície e hastes. Na época da colheita, as folhas mais novas, sem sinais de doença, apresentaram-se menos desenvolvidas, retorcidas, quebradiças e com coloração acinzentada. O número e o tamanho das hastes das plantas foram menores. Por fim, as plantas submetidas à solução

nutritiva com omissão de boro não diferiram quanto ao aspecto daquelas nutridas com solução completa.

Kothari et al. (1987) apresentaram melhores respostas do cultivo de variedades melhoradas de menta às altas doses de nitrogênio no solo ($150 \text{ Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Khera et al. (1986) demonstraram interações positivas entre o nitrogênio e a irrigação.

Ram et al (1989) observaram que a época de cobertura e a forma do adubo, comum, granulado ou supergranulado recoberto afetavam a produção de folhas, hastes, raízes e rizomas de menta.

Mengel (1979) citado por Nannetti (2000), observou que níveis elevados de nitrogênio estimularam o desenvolvimento vegetativo, em detrimento dos órgãos reprodutivos na cultura do pimentão. De acordo com Carballo et al. (1994), citado pelo mesmo autor, doses elevadas de nitrogênio aumentaram a concentração deste nutriente na matéria seca e também aumentaram a massa seca total final de pimentão fertirrigado com nitrogênio.

Segundo a lei do máximo de Liebig, qualquer fator de produção, quando em excesso, tende a não aumentá-la, ou mesmo a diminuí-la. Nutrientes disponíveis devem ocorrer em quantidades satisfatórias para o desenvolvimento normal das plantas e não em quantidades insuficientes ou excessivas (Sivori et al., 1980; Mello et al., 1989).

Marschner (1995) referiu que as reduções na produção de cenoura para as maiores doses de N poderia ser consequência direta do efeito tóxico do amônio em condições de baixa taxa de nitrificação, ou devido ao efeito indireto do amônio, reduzindo a

absorção de outros cátions, como K^+ , Ca^{++} , ou Mg^{++} , por exercer efeito competitivo sobre esses íons.

Rodrigues et al. (2000) afirmaram que os teores de nitrogênio NO_3 na seiva do pecíolo da quarta folha expandida a partir do ápice da batateira, aumentaram com o aumento na dose de nitrogênio, sendo o nível crítico igual a 869 mg.L^{-1} . A maior dose de nitrogênio teve efeito deletério na área foliar, nos pesos das matérias secas de folha, de caule e de raiz.

Singh & Singh (1968) demonstraram a importância do fósforo no metabolismo dos carboidratos, tais como frutose, glicose, sacarose, açúcares redutores, aminoácidos e proteínas. A deficiência do elemento causou acúmulo dos açúcares em todos os órgãos da planta, principalmente nas hastes. Esses autores verificaram que plantas de menta cultivadas com deficiência de fósforo, apresentaram menor número de folhas, área foliar, massa seca e verde.

Kothari et al (1987) demonstraram num ensaio de campo, realizado na Índia, que a altura da planta e o rendimento de óleo estavam relacionados com a profundidade e a distância da aplicação do fertilizante na linha de plantio. Os melhores resultados foram obtidos quando o fertilizante foi colocado a 15 cm de profundidade e na mesma distância lateral em relação ao centro da linha de mudas.

Subrahmanyam et al. (1991) realizaram um experimento de campo com dois anos de duração, instalado no norte da Índia e determinaram que a maior produção de material seco e óleo de menta ocorreu com dose de fósforo igual a 30 Kg . ha^{-1} .

Segundo Sinha & Singh (1984) o efeito da omissão de potássio sobre a menta cultivada em solução nutritiva, influenciou o metabolismo do nitrogênio, a taxa de

respiração e o teor de óleo essencial. Nessas condições, as plantas apresentam redução da área foliar e acúmulo de nitrogênio amoniacal, a partir de 60 dias após o plantio.

A omissão de ferro na solução nutritiva não afetou o desenvolvimento das plantas de menta. Apenas algumas plantas apresentaram os nós e as hastes mais avermelhadas. Esta omissão na solução, relatada no trabalho de Farooqi & Misra (1983) causou redução de 50 % no teor de óleo essencial das folhas frescas. As plantas deficientes em Fe apresentaram grande redução da quantidade de CO₂ fixado como açúcares, e, portanto, da disponibilidade de energia e do óleo produzido. Houve ainda redução da ordem de 30 % na altura das plantas de menta e de 50 % do número de perfilhos, quando a menta foi cultivada com deficiência de boro.

Misra & Sharma (1991) demonstraram o efeito de maiores concentrações de ferro no aumento da massa seca de menta e observaram que 5,6 mg.L⁻¹ é o nível crítico do elemento na solução nutritiva. Misra (1994) mostrou que a ausência de ferro alterou a morfologia dos cloroplastos das células do mesófilo foliar, que se apresentaram pequenos e retorcidos, com tilacóides mal formados. Além disso, o número médio de cloroplastos por célula, que normalmente é de 16, reduziu-se para 9 nas plantas deficientes. As folhas, com menos da metade de seu tamanho normal, apresentaram importante clorose internerval, seguida de necrose característica. As plantas em solução nutritiva deficiente em zinco, mostraram, folhas pequenas com clorose internerval no terceiro par e internós curtos. Farooqi & Misra (1983) referiram que, nessas condições, as plantas apresentaram também um aspecto raquítico com baixa produção de material verde e diminuição de absorção de fósforo. Subrahmanyam et al. (1991) determinaram a concentração crítica de zinco nas folhas de 28,9 mg.Kg⁻¹ e de 0.0475 mg.L⁻¹, na solução nutritiva.

Nair et al. (1991) observaram respostas da menta à aplicação de zinco com elevadas doses de NPK, usados nas lavouras em solos de origem calcária. Os autores recomendam aplicações foliares de solução com 10 mg.L^{-1} de sulfato de zinco.

Lee & Arnoff (1967) sugeriram que a deficiência de boro inibe a enzima 6 - fosfogluconato desidrogenase, levando a um excesso de ácidos fenólicos que, por sua vez, causariam necrose dos tecidos até a morte da planta.

Fischer & Bussles (1984) descreveram os efeitos do boro nas glândulas oleíferas e nos tecidos vasculares de *M. piperita*. Na deficiência de boro, as plantas passaram a acumular substâncias escuras e a apresentar decréscimos na produção de óleo essencial. Ainda verificaram má formação das paredes celulares e das glândulas oleíferas, que ficaram muito delgadas, desde o início de sua formação. O citoplasma dessas células, quando ainda jovens mostrou importantes sinais de degradação, tornando-se semelhante ao citoplasma de células em senescência, de plantas normais. As plantas com deficiência de B conseguem acumular o óleo essencial por pouco tempo com prejuízo do rendimento. Isso levou os autores a recomendarem a aplicação de boro no solo.

4.9 Efeito da luz

Burbott & Loomis (1966) cultivaram *M. piperita*, no Oregon (U.S.A), em diferentes combinações de temperatura e luz. Observaram que em condições de dias longos houve aumento do crescimento com conseqüente elevação de monoterpenos. No entanto, noites curtas e frias combinadas com maior número de horas de luz aumentaram a formação de mentofurano e pulegona. Observaram ainda que, a interrupção da noite e a baixa intensidade de luz não influenciaram a composição dos terpenos.

Sacco (1987) citado por Rech et al. (2000) referiu que a *M. piperita* cv Italo Mitcham cultivada no norte da Itália, é sensível ao fotoperíodo, ou seja, trata-se de planta de dia longo. O fotoperíodo afeta a maturação e a qualidade do óleo.

Corréa et al. (1994) indicam ser possível obter melhor produção por planta de menta com boa iluminação solar e precipitações pluviais entre 1,300 e 2000 mm/ano, bem distribuídas.

4.10 Efeito da temperatura

Britten & Basford (1986) estudaram a *M. arvensis*, na Austrália, durante 12 semanas, em ambiente controlado por fitotron, com 12 combinações de temperaturas, quatro diurnas, iguais a 20, 25, 30 e 35 °C. Observaram maior matéria seca de folhas, caules e raízes com temperatura diurna igual a 30 °C e noturna igual a 20 °C. O maior rendimento de óleo igual a 1.09 g / planta ocorreu com temperatura diurna de 30 °C e noturna de 18 °C. O mentol contido no óleo não foi afetado pela temperatura. As plantas suportam altas temperaturas, porém podem ser prejudicadas pelas geadas.

Corréa et al. (1994) referiram que temperaturas muito elevadas associadas a baixa precipitação diminuem o teor de óleos essenciais em plantas de menta.

Burbott & Lomis (1966) citado por Rech et al. 2000, relataram que a termoperiodicidade têm influencia determinante na composição de óleo essencial da *M. piperita* cv Italo Mitchcam, sendo verificado que na maior latitude houve menor conteúdo de mentofurano, componente indesejável no óleo.

4.11 Colheita e produção de óleo

Topalov & Zhelyazkov (1991) trabalharam com *M. piperita*. Clone nº 1 e *M. arvensis* cv. Mentona 14, plantadas no espaçamento de 70 cm entre linhas com 30 plantas / m², na Bulgária. Avaliaram a produção em três estádios de desenvolvimento, ou seja, 50 % de florescimento, 100 % de florescimento e após o florescimento. A *M. piperita* atingiu 50 % de florescimento entre 97 e 100 dias após o plantio e a *M. arvensis* 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 foi 12 % menor na *M. piperita* e 9 % menor na *M. arvensis*, quando colhidas com 100 % de florescimento. Colheitas em meados de outubro resultaram em redução de óleo igual a 62 % para *M. piperita* e 76 % para a *M. arvensis*. O conteúdo de mentol no óleo da *M. piperita* aumentou nas colheitas mais tardias, demonstrando que a colheita após o florescimento diminui o rendimento de óleo, porém aumenta a qualidade, com incremento do teor de mentol. Já na *M. arvensis*, a colheita após o florescimento não afeta o teor de mentol no óleo. Por outro lado, o rendimento e a qualidade de óleo são reduzidos com a colheita muito precoce.

Rao (1988) estudou na Índia genótipos melhorados de *M. arvensis*., colhidos aos 94 e 147 dias após o plantio. Observou que a altura das plantas, o conteúdo e o rendimento de óleo nos genótipos avaliados não diferiram. O conteúdo de óleo essencial produzido foi igual a 133,7 Kg/ha no cultivar MAS 77 e 162 Kg/ha no MAS 25. O autor observou ainda que, a aplicação de 120 Kg/ha de nitrogênio nas plantas aumentou o seu porte.

Rabak (1917) nos EUA, trabalhou com *M. piperita*. O maior rendimento de óleo foi obtido quando as plantas atingiram o máximo florescimento, sendo afetado pelas condições de solo e clima. O autor referiu ainda que, se as plantas forem secas

antes da destilação, ocorre acentuada redução na produção de óleo, em função de que a secagem das plantas causa mudanças favoráveis à esterificação e à produção de ácidos livres. Concluiu ainda que, o rendimento de óleo nas plantas decresce com a maturação, ocorrendo aumento da porcentagem de ésteres no óleo. Nesse caso, o teor de mentol apresentou elevada relação com o conteúdo de ésteres.

Chiris (1925) avaliou o óleo bruto em menta, em experimento realizado na França e observou que no início do florescimento o rendimento é mais elevado, diminuindo a seguir. Observou ainda que, o corte das plantas ao entardecer, resulta em elevado teor de mentol no óleo extraído. Por outro lado, quanto mais velhas as plantas maior o teor de mentol até o florescimento, após o que seu rendimento decresce, devido à prováveis alterações na fração de terpenos do óleo.

De acordo com Lima & Mollan (1952) a menta IAC 701 deve ser colhida em pleno florescimento, durante um período de 3 a 4 semanas, a contar do dia em que se pode considerar a floração como generalizada. Os teores de mentona diminuem de maneira constante à medida que a erva amadurece. Os ésteres, ao contrário, aumentam e os teores de mentol, depois de atingirem o máximo, diminuem com principal alteração do teor de mentol livre. O aumento do teor de ésteres e a diminuição da mentona beneficiam a qualidade da essência, porém, há um limite natural, que coincide com o nível máximo da porcentagem de mentol. A principal causa da diminuição de produção se deve à queda das folhas situadas na parte inferior das hastas, que avança em direção à parte superior, mantendo-se apenas as folhas ponteiros. Esta desfolha é tanto mais acentuada quanto maior a população de plantas por área. Os autores observaram ainda que, a menta IAC 701 possui grande capacidade de brotação e após o primeiro corte, os rizomas brotam intensamente, emitindo numerosas hastas, que

cobrem todo o terreno entre as linhas, estabelecendo dessa forma, grande competição por espaço e luz. Esta circunstância favorece a queda das folhas.

Paraná (1976), recomenda que a época ideal para a realização dos cortes é quando as plantas florescerem pelo menos 2/3 do total, em função da maior riqueza em óleo e mentol cristalizável. Em dias de sol, o corte deve ser realizado no período da manhã para que o material colhido não receba forte insolação, o que ocasionaria volatilização dos componentes do óleo.

Shah & Gupta (1989) estudaram *M. arvensis*, *M. citrata* e *M. piperita*, durante dois anos, na Índia. As colheitas, realizadas nos meses de junho, agosto e outubro, demonstraram que o máximo rendimento para as três espécies foi obtido no mês de agosto e a *M. arvensis* apresentou maior rendimento em suas folhas com conteúdo de óleo de 1,20 a 1,26 %.

White et al. (1987) cultivou *M. piperita*, no campo, durante o período compreendido entre 3 de janeiro e 28 de março de 1979, na nova Zelândia. Avaliaram a matéria seca, o comprimento do caule, a área foliar e o rendimento e a qualidade do óleo e observaram que o melhor rendimento ocorreu quando as plantas foram colhidas com 10 a 20 % de florescimento, alcançando um rendimento de 114 Kg / ha de óleo composto por 43,1 % de mentol, 28 % de mentona, 6,6 % de metilacetato, 4,1 % de cineol e 4,1 % de mentofurano. Após este período de colheita, a menta apresentou menor rendimento de óleo.

Czepak (1995) conduziu experimento no Paraná, em latossolo roxo, com pH igual a 5,3, temperatura média igual a 21 °C no mês mais quente, precipitação pluvial anual média em torno de 1.400 mm e 440 metros de altitude. O autor utilizou rizomas de *M. arvensis* cultivar IAC 701, cortados em pedaços de 10 cm, contendo 5 gemas cada um.

Aplicou-se, no solo 980 Kg/ha de calcário dolomítico e 280 Kg/ha de Yorin BZ, equivalentes a 50,40 Kg/ha P_2O_5 . O espaçamento entre linhas foi de 40 cm e as mudas foram distribuídas nos sulcos à distância de 20 cm, sendo cobertas com 2 a 3 cm de terra. As plantas ocuparam completamente o solo aos 46 dias após o plantio. Quando a cultura atingiu 90 dias a partir do plantio, fez-se um corte de uniformização em todas as parcelas. A partir deste momento foram realizadas as colheitas, com cortes rentes ao solo, aos 60, 70, 80 dias, pleno florescimento, 90, 100, 110 e 120 dias. Neste estudo o autor relata que a produção obtida, durante todo o ano, foi maior para os tratamentos com colheitas feitas com maior número de cortes por ano. Assim, as colheitas realizadas a cada 60 ou 70 dias apresentaram melhores resultados, atingindo produções totais de mentol de 206,8 e 191,9 Kg / ha, respectivamente. No entanto, a produção média de mentol por corte e teor de mentol no óleo não diferiram, resultados que discordam daqueles observados por Topalov & Zhelyazkov (1991), que obtiveram os maiores teores de mentol quando a menta foi colhida no pleno florescimento. No experimento de Czepak (1995) foi observado o não florescimento e menor desenvolvimento da menta afetados pelas condições de outono e inverno, ou seja, por diminuição da temperatura, radiação solar e fotoperíodo. As plantas apresentaram tendência à estabilização do número de folhas quando esse número era igual a 15 pares. À medida que a planta amadurece, começam a cair as folhas situadas na parte inferior das hastes, caindo depois as da parte superior, ficando apenas as folhas ponteiros. Esses resultados confirmam os de Lima & Mollan (1952) para a mesma planta. O autor também observou em 1995 que, quanto maior a área foliar por m^2 , maior a produção de óleo e de mentol. Maiores valores de área foliar e de massa verde total / ano foram encontrados nos tratamentos com maior frequência de colheita. Segundo o autor, o

tempo de destilação para a extração de todo o óleo contido nas folhas de menta não superou 70 minutos.

White et al. (1987) referiu que o teor de mentol e a maturidade da planta podem ser usados como parâmetros na determinação do momento adequado para a colheita da menta.

Maia (1994) cultivou *M. piperita* L. em soluções nutritivas e verificou efeito da omissão de nitrogênio no rendimento e na qualidade de óleo. Assim, o cultivo de plantas de menta em soluções nutritivas com diferentes níveis de nitrogênio poderá indicar a influencia desse elemento no crescimento, na produção e na composição de óleo bruto.

4.12 Análise de crescimento de plantas

Boaro (1986) referiu que as técnicas de análise de crescimento foram desenvolvidas por investigadores britânicos, no início do século passado e reunidas por Watson em 1952. Quinze anos depois Radford apresentou as fórmulas de análise de crescimento, suas derivações e as condições necessárias para seu uso correto.

Boaro (1986) registrou também que Magalhães (1979) afirmou que “a análise de crescimento é um método que descreve as condições morfo-fisiológicas de planta em diferentes intervalos de tempo, entre duas amostragens sucessivas e se propõe acompanhar a dinâmica de produção fotossintética, avaliada através da acumulação de matéria seca”. O mesmo autor relatou que a análise de crescimento é um método que pode ser utilizado para investigação do efeito de fenômenos ecológicos sobre o crescimento, como adaptabilidade de

espécies em ecossistemas diversos, efeitos de competição, diferenças genotípicas da capacidade produtiva e influência de práticas agronômicas sobre o crescimento.

Em seus estudos Watson (1952) citado por Boaro (1986) referiu ser fato conhecido que a área foliar das plantas é bastante dependente da nutrição, porém não faz uma análise da maneira pela qual os diferentes aspectos do crescimento da folha são influenciados pelo suprimento de nutrientes minerais. Este autor também verificou a existência de correlação entre produtividade e área foliar.

Wallace (1959) citado por Boaro (1986) relatou que valores excessivos, para a área foliar do feijoeiro, podem acarretar redução na taxa de produção de matéria seca total, o que Alvim & Alvim (1969) atribuíram ao sombreamento mútuo das folhas. Seis anos depois, Wallace & Munger observaram perfeita relação entre produtividade e área foliar em todos os cultivares de feijão estudados, confirmando os achados de Watson (1952).

Finalizando os comentários sobre área foliar, de acordo com Boaro (1986), Lopes et al. (1982) referiram que a importância da área foliar, para a produtividade de uma cultura, tem sido reconhecida por muitos pesquisadores.

Estudos de Wallace & Munger (1966), citados por Boaro (1986), levaram à observação de que tanto a razão de área foliar quanto a taxa de crescimento relativo diferiram entre cultivares de feijão. Os autores também verificaram que os maiores valores para razão de área foliar, nos cultivares estudados, ocorreram antes dos 30 dias, o que foi confirmado por Brandes et al. (1973).

Watson (1952) citado por Boaro (1986), referiu ser pouco provável o incremento da produção através do aumento da taxa assimilatória líquida. A variação no

suprimento de nutrientes, além do que é normal na prática agrícola, tem apenas pequenos efeitos. O mesmo autor referiu que aumentos dos nutrientes não conduzem a incrementos apreciáveis da taxa assimilatória líquida, o que foi confirmado pela avaliação dos efeitos obtidos com aumentos na taxas de aplicação de fertilizantes, além daquelas habitualmente utilizadas. Por outro lado, registrou a importância da influência da diminuição do conteúdo mineral.

Os estudos de Magalhães & Montojos (1971) citados por Boaro (1986) com cultivares de feijão, mostraram que a taxa assimilatória líquida e a taxa de crescimento relativo apresentaram correlação positiva. Magalhães et al. (1971) estudaram o efeito da adubação mineral e orgânica sobre o crescimento do feijoeiro, variedade “Carioca” e observaram que a taxa assimilatória líquida foi menor no período compreendido entre 25 e 35 dias após a emergência. Xavier (1976) fez análise de crescimento de quatro cultivares de feijão, sendo dois do grupo “Preto” e dois do grupo “Manteigão”, plantados no campo, nas épocas das “águas” e “seca”. Este autor verificou que, em geral, a taxa assimilatória era maior antes dos 20 dias após a emergência, a partir dos quais declinava com a idade das plantas, exceção feita aos cultivares “Manteigão Fosco 11” nas “águas” e “Baetão Manteiga 41”, na “seca”. Referiu, também, que o acentuado declínio da taxa assimilatória líquida com a idade das plantas, verificado nas “águas” em três cultivares, estava de acordo com as observações de Watson (1952), para várias culturas. Xavier (1976) de acordo com Boaro (1986) sugeriu que estes achados constituem uma característica geral das plantas de ciclo curto.

A análise de crescimento de feijão *Phaseolus vulgaris* L. var “Turrialba 4”, cultivado em solução nutritiva, em condições ambientais parcialmente controladas, foi realizada em 1973 por Ascencio & Fargas (Boaro, 1986). Para avaliação do

crescimento das plantas foram calculados a taxa de crescimento relativo da área foliar, taxa assimilatória líquida, parâmetro alfa, razão de área foliar, razão de peso foliar, índice de área foliar e área foliar específica. Os autores concluíram que a taxa de crescimento relativo, a taxa assimilatória líquida e a razão de área foliar, calculadas pela metodologia proposta por Blackman, foram os principais parâmetros para avaliação do crescimento das plantas. A razão de peso foliar foi elevada nas primeiras semanas de crescimento e diminuiu, a seguir, até o final do ciclo. A área foliar específica manteve-se praticamente constante durante quase todo o ciclo do cultivo.

Os autores segundo Boaro (1986) também concluíram que o elevado número de folhas por planta, apesar de determinar diminuição dos valores da taxa assimilatória líquida, aumentou a eficiência da planta como um todo. Finalmente, Ascencio & Fargas (1973) afirmaram que a razão de área foliar é um dos índices de crescimento que melhor refletem as condições de produtividade e eficiência do feijão.

Marulanda (1996) refere que o solo como sustentação e fonte de nutrientes para as plantas pode estar ausente, desde que se utilize para o cultivo solução nutritiva, contendo os elementos essenciais para o desenvolvimento e que, outra forma de suporte para os vegetais seja disponível. Assim, as plantas podem ser cultivadas livres de patógenos comuns ao solo e com nutrientes à disposição para serem absorvidos, esperando-se, portanto, produtos de melhor qualidade e maior rendimento.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Local e clima

O experimento foi conduzido nos laboratórios e em casa de vegetação do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, Estado de São Paulo, no período de dezembro de 2000 a março de 2001.

A localidade apresenta como características geográficas, longitude oeste 48° 24' 35", latitude sul 22° 49' 10" e altitude média de 800 m ao nível do mar. O clima é do tipo Cfa, temperado (mesotérmico), segundo classificação de Koeppen. A precipitação pluviométrica média anual é de 1506,3 mm e as médias da temperatura máxima e mínima são de 23,6 °C e 17,4 °C, respectivamente (Fonte: Departamento de Ciências Ambientais da UNESP – Botucatu).

5.2. Material vegetal

As mudas de menta (*Mentha piperita L.*) foram obtidas no dia 08 de dezembro de 2000, de plantas matrizes cultivadas no Jardim de Plantas Medicinais e Aromáticas do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Campus de Botucatu. Nesse mesmo dia de colheita dos ramos, estolões subterrâneos ou superficiais, com três pares de gemas cada um, foram plantados em bandejas de isopor contendo vermiculita e húmus em partes iguais, à uma profundidade de 2.5 cm. A seguir, as bandejas foram irrigadas com água por nebulização até dois dias antes de as mudas serem transplantadas para os vasos de cultivo.

Foi utilizada para o enraizamento, câmara de nebulização fechada com filme transparente sob telado com 50 % de sombreamento. O controle da nebulização foi feito por um temporizador regulado para 10 segundos de nebulização e intervalos de 20 minutos entre elas. A transferência das plantas para os vasos de cultivo foi realizada 14 dias depois do plantio para o enraizamento, à tarde para facilitar a recuperação das mesmas à noite. No momento do transplante, a parte aérea das mudas mediam em torno de 12 cm e apresentavam em média 2 brotos.

5.3. Cultivo das plantas em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio

Este cultivo foi realizado no período compreendido entre 22 de dezembro de 2000 e 30 de março de 2001 (Figura 1).

Para a nutrição das plantas de menta, empregou-se solução nutritiva número 2 de Hoagland & Arnon (1950), modificada pela variação da concentração de

nitrogênio segundo a Tabela 1, que estabeleceu as diferenças, entre os tratamentos aos quais as plantas foram submetidas. O nível de nitrogênio foi aumentado nos tratamentos T2 e T3 por meio do fornecimento de nitrato de amônia.

Tabela 1. Tratamentos a que foram submetidos as plantas de *Mentha piperita* L. cultivadas em solução nutritiva de Hoagland e Arnon. (*) nível de nitrogênio fornecido até a 3^a colheita; (**) da 4^a colheita em diante.

Tratamento (Solução Nutritiva)	Composto	Solução estoque g.L ⁻¹	Solução nutritiva ml.L ⁻¹	Nitrogênio (*) mg.L ⁻¹	Nitrogênio (**) mg.L ⁻¹
T1 (Completo)	Macronutrientes				
	(M) NH ₄ H ₂ PO ₄	115,00	1	210	105
	(M) KNO ₃	101,10	6		
	(M) Ca(NO ₃) ₂	236,16	4		
	(M) MgSO ₄ .7H ₂ O	246,50	2		
	Micronutrientes (1)		1		
	H ₃ BO ₃	2,86			
	MnCl ₂ .4H ₂ O	1,81			
	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,22			
	CuSO ₄ .5H ₂ O	0,08			
	H ₂ MoO ₄ .H ₂ O	0,02			
	Solução Fe (2)		1		
	Fe-EDTA	26,10			
	FeSO ₄ .7H ₂ O	24,90			
T2 (T1 + 25 % N)	(M) NH ₄ NO ₃	80,00	1,875	263	132
T3 (T1 + 50 % N)	(M) NH ₄ NO ₃	80,00	3,750	315	158

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

Todas as soluções foram preparadas usando-se água destilada. Assim, as plantas foram cultivadas em solução nutritiva, continuamente arejada e renovada a cada duas semanas, de acordo com Dantas et al. (1979).

Nos primeiros dias após o transplante sinais de excesso de sais na solução, como necrose das margens e pontas das folhas e murchamento e queda das mesmas, foram observados nas plantas submetidas aos três diferentes níveis de nitrogênio. Este comportamento, verificado até a terceira colheita, foi corrigido com a utilização das mesmas soluções, diluídas então, para 50 %, com o que houve melhora do aspecto das plantas, inclusive com diminuição da queda de folhas. Assim, as plantas cultivadas inicialmente com níveis de nitrogênio iguais a 210, 263 e 315 mg.L⁻¹, passaram a ser cultivadas com níveis iguais a 105, 132 e 158 mg.L⁻¹. Os três tratamentos com os diferentes níveis de nitrogênio foram designados 210/105, 263/132 e 315/158 mg.L⁻¹.

Após a verificação de consumo da solução dos vasos parcela completou-se a volume com água destilada a cada 2 dias até o final do experimento. O controle do pH da solução nutritiva foi feito desde a instalação do experimento, por ocasião do preparo e da troca de solução nutritiva. Segundo Furlani et al. (1999) o pH adequado para o cultivo de plantas em solução nutritiva está entre 6,0 e 6,5. No entanto, segundo recomendação de Huterwall (1986), o pH para o cultivo de menta foi elevado para 5,5 - 6,0, mediante adições de KOH 0.1 M.

A condutividade elétrica da solução nutritiva completa com nível de nitrogênio igual a 210,15 mg L⁻¹ se manteve entre 2.0 e 2,5 mS / cm. As recomendações de Carmello (1992) são de 1,5 a 2.5 mS / cm.

Deve ser registrado que esta condutividade diminuiu para valores entre 1,0 e 1,3 mS / cm quando a solução nutritiva para cultivo das plantas foi diluída em 50 %, nos três tratamentos com diferentes níveis de nitrogênio.

A temperatura do ambiente foi igual à mínima noturna de 26 °C e máxima diurna de 36 °C.



Figura 1. Plantas de menta (*Mentha piperita*) cultivadas em solução nutritiva com diferentes níveis de nitrogênio.

5.4. Tratos fitossanitários

Para o controle preventivo de doenças por fungo, aplicou-se da primeira à quarta colheita, depois da troca das soluções, Benomyl, na dosagem de 2 g do produto comercial por litro de água.

5.5. Delineamento Experimental

O desenvolvimento da menta foi estudado durante 3 meses contados a partir do plantio das mudas nos vasos, nos tratamentos com os três diferentes níveis de nitrogênio, iguais a 210/105, 263/132 e 315/158 mg.L⁻¹, correspondendo respectivamente a dose completa de nitrogênio proposta na solução nutritiva de Hoagland & Arnon e a adição de 25 e 50 % mais desse nutriente. Nos três tratamentos, o nível de nitrogênio foi reduzido a 50 % após a 3^a colheita. As plantas submetidas aos diferentes tratamentos foram avaliadas em 7 colheitas, realizadas a cada 14 dias, com quatro repetições. Na 1^a colheita, as plantas tinham 14 dias após o transplante. Foram estudados os parâmetros comprimento da parte aérea, número de folhas, área foliar, massa fresca e seca de caule, folhas, parte aérea, estolões, raízes e total. As inflorescências foram consideradas na avaliação da parte aérea e total da planta.

A análise de óleo, quanto ao rendimento e composição foi feita em 3 colheitas realizadas aos 70, 80 e 90 dias após o transplante, com 4 repetições.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três níveis de nitrogênio, sete colheitas e quatro repetições, em esquema fatorial 3 x 7. Para a análise de óleo o delineamento foi em esquema fatorial 3 x 3. Em cada repetição, os parâmetros avaliados resultaram da média de duas plantas.

5.6. Parâmetros Avaliados

5.6.1. Comprimento de parte aérea

Definido como a distância, em centímetros, do colo da planta até o ápice mais alto. Em cada vaso parcela, o comprimento da parte aérea foi representado pela média das duas plantas avaliadas em cada repetição.

5.6.2. Número de folhas

Definido como a média das folhas das duas plantas de cada repetição.

5.6.3. Área foliar

Determinada com a utilização de um área meter modelo LI – 3100 e expressa em decímetros quadrados. A área foliar foi definida como a média das lâminas foliares das duas plantas avaliadas em cada repetição. Este parâmetro foi ajustado em relação ao tempo, segundo a equação exponencial quadrática para se proceder à estimativa dos índices fisiológicos RAF, AFE, TAL e TCR.

5.6.4. Massa fresca

Definida como o seu peso fresco, expresso em gramas. Determinou-se a massa fresca de cada órgão em separado, isto é, do caule, das folhas, das inflorescências, dos estolões, das raízes, da parte aérea e total da planta. Em cada parcela, a massa fresca foi definida como a média da massa fresca das duas plantas. Por outro lado, a massa fresca da parte aérea foi considerada como sendo a somatória das massas de todos os órgãos que constituem a parte aérea da planta, ou seja, massa fresca de caules, de folhas e de inflorescências.

5.6.5. Massa seca

Definida como o seu peso seco, expresso em gramas. Foi medida a massa seca de cada órgão em separado, isto é, do caule, das folhas, das inflorescências, dos

estolões das raízes da parte aérea e total da planta. Em cada parcela, a massa seca foi definida como a média da massa seca das duas plantas. Por outro lado, a massa seca da parte aérea foi considerada como sendo a somatória das massas de todos os órgãos que constituem a parte aérea da planta, ou seja, massa seca de caules, de folhas e de inflorescências.

A massa seca total foi ajustada em relação ao tempo, segundo a equação exponencial quadrática para se proceder à estimativa dos índices fisiológicos RAF, AFE, TAL e TCR.

5.6.6. Razão de área foliar (RAF)

A razão de área foliar, medida da área foliar útil para fotossíntese, foi definida como o quociente entre a superfície foliar (AF) e a massa seca total da planta (MST), em decímetros quadrados por grama (Benincasa, 1988) e calculada pelo programa computacional ANACRES, de acordo com as especificações de Portes & Castro Junior (1991). A escolha da equação para ajuste, exponencial quadrática, se baseou na recomendação desses autores e em inspeção gráfica.

$$\text{RAF} = \text{AF} / \text{MST}$$

5.6.7. Área foliar específica (AFE)

A área foliar específica é o componente morfológico e anatômico da RAF porque relaciona a superfície (AF), em decímetros quadrados, com o peso da massa seca da própria folha (MSF), expresso em gramas (Benincasa, 1988) e calculada pelo programa computacional ANACRES, de acordo com as especificações de Portes & Castro Junior

(1991). A escolha da equação para ajuste, exponencial quadrática, se baseou na recomendação desses autores e em inspeção gráfica.

$$AFE = AF / MSF$$

5.6.8. Taxa assimilatória líquida (TAL)

A taxa assimilatória líquida, expressa em gramas por decímetros quadrados x dia, reflete a eficiência do sistema assimilador envolvido na produção de massa seca e estima a fotossíntese líquida (Radford, 1967). Utilizando-se o programa computacional ANACRES, essa taxa foi obtida pela equação abaixo, de acordo com as recomendações de Portes & Castro Junior e inspeção gráfica.

$$TAL = \frac{(b + 2 ct) a e^{(bt + ct^2)}}{a_1 \cdot e^{(b_1 + c_1 t^2)}}$$

5.6.9. Taxa de crescimento relativo (TCR)

A taxa de crescimento relativo, expressa em gramas por gramas x dia, reflete o aumento da matéria orgânica, em um intervalo de tempo, dependente do material pré existente (Radford, 1967). Utilizando-se o programa computacional ANACRES, essa taxa foi obtida pela equação abaixo, de acordo com as recomendações de Portes & Castro Junior e inspeção gráfica.

$$\text{TCR} = \frac{d \ln \frac{a}{e}}{d t} \quad (bt + ct^2)$$

5.6.10. Produção de óleo essencial

Determinada em ml / planta.

A colheita de material foi realizada nas primeiras horas da manhã. Assim, após a determinação da massa fresca das plantas, o material foi acondicionado em sacos plásticos, devidamente etiquetados, comprimidos manualmente para a eliminação do ar interno e armazenado à temperatura de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, até o momento da extração do óleo essencial. Para tanto, o material acondicionado foi submetido ao processo de destilação em aparelho de Clevenger no mesmo dia da colheita. Colocou-se 100 gramas de massa fresca de parte aérea de *M. piperita* em balão de fundo chato de 2000 ml de capacidade. A seguir, adicionou-se água até cobrir o volume da amostra e aqueceu-se. A destilação iniciou-se após 33 minutos, quando se reduziu a intensidade de calor e se completou em um período de duas horas.

5.6.11. Composição do Óleo Essencial

Após a destilação, o óleo obtido foi medido em volume e a seguir, armazenado à temperatura de $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, em frascos de cor âmbar, até o momento de ser submetido às análises.

Para a análise da composição do óleo essencial utilizou-se cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massas (CG-EM, Shimadzu, QP-5000), operando a 70 V e dotado de coluna capilar de sílica fundida DB-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 um). O hélio é usado como gás de araste (1,7 ml/min). Existe também um injetor a $240\text{ }^{\circ}\text{C}$ e

um detector a 230 °C, Split. As amostras foram solubilizadas em acetato de etila, injetado em uL, split: 1/35 e utilizando-se o seguinte programa de temperatura: 50 °C (5min) – 160 °C, 3 °C/min; 160 °C – 220 °C; 10 °C/min.

A identificação dos constituintes químicos foi efetuada através da análise comparativa dos espectros de massas das substâncias com o banco de dados do sistema CG-EM (Nist 62.lib), com a literatura (Mclafferty & Stauffer 1989) e com o índice de retenção (Adams 1995). A metodologia utilizada foi descrita por ¹Mayo Marques (2001) e realizada no Instituto Agronômico de Campinas. Determinou-se os teores de mentol, mentona, mentofurano, 1,8-cineol, pulegone e acetato de mentila, presentes no óleo, em porcentagem.

5.7. Avaliação Estatística

Para a avaliação estatística os resultados de comprimento de parte aérea, número de folhas, área foliar, massa fresca e seca e produção de óleo essencial foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, segundo as especificações de Zar (1996), utilizando-se o nível de 5 % de significância.

As transformações $\log x$ e $\arcsin \sqrt{x / 100}$ foram utilizadas, respectivamente, para a avaliação dos resultados de número de folhas e porcentagens dos componentes do óleo.

¹ Marcia Ortiz Mayo Marques. Centro de Genética, Biologia Molecular e Fitoquímica do Instituto Agronômico de Campinas. In: Análise adicional de óleo essencial de *Mentha piperita*. Campinas - SP, 2001.

Todos os resultados foram apresentados em tabelas e seguidos de letras maiúsculas que, na vertical, comparam médias entre os tratamentos com os três diferentes níveis de nitrogênio, em cada colheita. A análise de variância foi realizada pelo programa SAS (1996).

O fator colheita, ou seja, idade das plantas, foi avaliado pela análise de regressão, também realizada pelo programa computacional SAS (1996), utilizando-se o nível de 5 % de significância.

A escolha da equação exponencial quadrática para o ajuste está de acordo com as considerações de Portes & Castro Junior (1991), como uma das equações que melhor se ajustam aos conjuntos de dados dos parâmetros avaliados. Por outro lado, a inspeção gráfica reforçou tal escolha.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Comprimento de parte aérea

A variação do comprimento da parte aérea de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 2.

O comprimento da parte aérea apresentou, durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevado nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 2, revela que não diferiram os comprimentos de parte aérea de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio na 1^a e 2^a colheitas. Por outro lado, foram maiores os comprimentos de parte aérea de plantas submetidas ao menor nível de nitrogênio na 2^a, 3^a e 4^a

colheita que os das plantas nutridas com maior nível de nitrogênio. Esse parâmetro também foi maior nas plantas submetidas ao nível intermediário de nitrogênio, na 6^a e 7^a colheitas.

Verificou-se o acamamento em plantas quando seus comprimentos de caules eram maiores que 50-70 cm.

Assim, quando o nível de nitrogênio proposto para a solução completa de Hoagland & Arnon inicialmente e depois diluído a 50 %, ou seja, com 210/105 mg.L⁻¹, o comprimento da parte aérea quando comparado com o das plantas nutridas com o nível 263/132, está, às vezes superior nesse parâmetro em relação à dose de 315/158 mg.L⁻¹. Este comportamento indica que as doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais para o comprimento e desenvolvimento da parte aérea da planta e podem ter sido excessivas.

Czepak (1995) observou maior altura de *M. arvensis*, variedade IAC-701, aos 120 dias após transplante, que alcançou aproximadamente 100 cm. Essas dimensões foram inferiores às obtidas no presente estudo com *M. piperita* até a 4^a colheita. Por outro lado, Czepak (1995) encontrou que quanto maior a altura das plantas, maior a produção de óleo e mentol, coincidindo com os resultados obtidos neste experimento.

O maior comprimento de caule foi registrado nas plantas submetidas ao menor nível de nitrogênio aos 98 dias após o transplante.

Tabela 2. Análise de variância e comparação entre médias de comprimento de parte aérea (cm), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
41,68*	112,16*	2,92*

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	23,75A	42,50A	90,00A	97,50A	143,00A	166,00A	210,25A	110,43
263 / 132	21,25A	35,00A	71,75AB	80,50AB	124,50A	132,75B	167,50B	90,46
315 / 158	19,00A	31,00A	45,25B	56,50B	93,75B	113,75B	116,75C	68,00
Média	21,33	36,17	69,00	78,17	120,42	137,50	164,83	89,63

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio dentro de colheita = 11,16

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 nitrogênio.

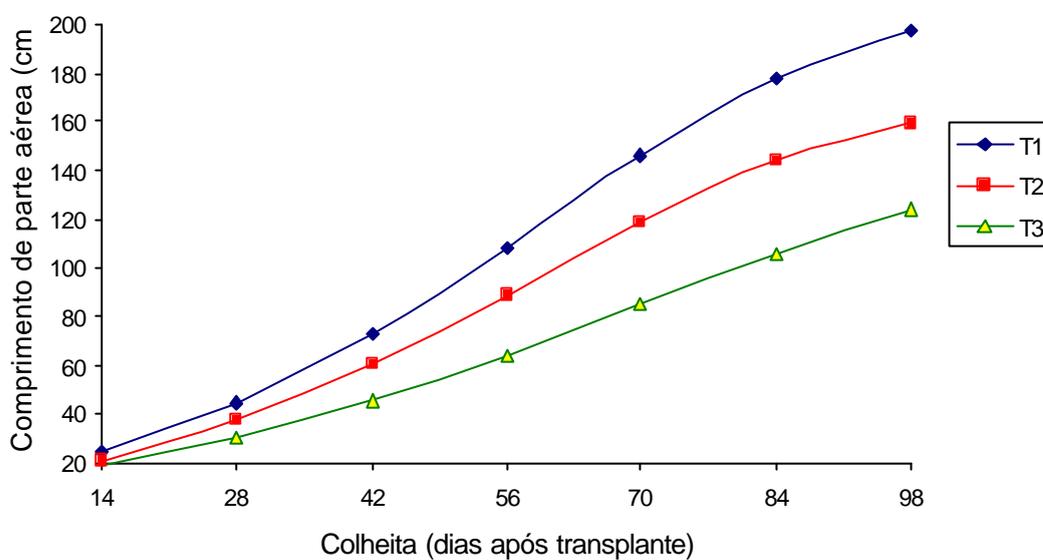


Figura 2. Comprimento de parte aérea (cm) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.2. Número de folhas

A variação de número de folhas de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 3.

O número de folhas apresentou, durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevado nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 3, revela que diferiram os números de folhas de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio, com os maiores valores apresentados em ordem decrescente das doses utilizadas.

Dessa forma, o número de folhas das plantas submetidas a 210 / 105 mg.L⁻¹ de nitrogênio foi superior ao daquelas com 263 / 132, que também tiveram seu número maior que as plantas nutridas com 315 / 158 mg.L⁻¹. Isto indica que as doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais, por terem apresentado número de folhas menor. Além disso, a observação durante o período que envolveu as três primeiras colheitas, de que os níveis de nitrogênio utilizados produziam sinais de toxidez nas folhas mais velhas, que apresentavam-se mais grossas, frágeis, curvadas no ápice, com coloração verde mais intenso, que rapidamente se tornavam verdes-amareladas e apresentavam ápices e bordos necróticos, com manchas irregulares entre as nervuras. Essas folhas facilmente se desprendiam da planta. Esses sinais eram mais visíveis nas soluções com os maiores níveis de nitrogênio.

Essas observações levaram à decisão de reduzir à metade os níveis de nitrogênio que vinham sendo utilizados nos três tratamentos.

Após a terceira colheita, depois da redução dos níveis de nitrogênio a 50 %, as plantas apresentaram folhas mais novas com melhor aspecto e em maior número. No entanto, as folhas mais velhas, afetadas pelos níveis elevados de nitrogênio se mantiveram mais grossas, frágeis, com ápices curvados e os demais sinais já descritos.

Por outro lado, em todas as colheitas houve tendência de ser maior o número de folhas nas hastes das plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio, apresentando 13 a 15 pares de folhas por haste, a partir da 4^a colheita, mantendo-se a seguir, mais ou menos estável até a 7^a colheita. A esse respeito Czepak (1995) refere que o número de folhas de *M. arvensis* se estabilizou em 15 pares por haste, durante as colheitas. O autor refere também que quando ocorre essa tendência de estabilização do número de folhas, tem-se o início da senescência. Registros do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR,1978) referem que uma das principais causas da diminuição da produção é a queda das folhas, a qual vai se agravando à medida que a planta amadurece, começando então a cair aquelas situadas na parte inferior das hastes, com a desfolha avançando em direção à parte superior, ficando apenas as folhas ponteiras. Essa desfolha é tanto mais acentuada quanto mais denso ou maior vizinhança entre as hastes.

Deve ser ressaltado que conforme ocorre aumento do número de folhas houve redução de seus tamanhos nas plantas com doses adicionais de nitrogênio que apresentaram desenvolvimento reduzido, desde o início das avaliações. Assim, os níveis excessivos de nitrogênio inibiram a produção de folhas. Além disso, no início do desenvolvimento as folhas apresentaram-se arredondadas. Czepak (1995) observou que

quanto maior o número de folhas nas plantas, maior a produção de óleo e mentol, coincidindo com os resultados obtidos neste experimento com *M. piperita*.

Tabela 3. Análise de variância e comparação entre médias de número de folhas de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
44,7*	202,4*	0,97 n.s.

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	112	273	1202	1738	2947	4171	4119	2080 A
263 / 132	96	244	840	1629	1686	2744	2788	1432 B
315 / 158	90	214	385	916	1207	1909	2209	989 C
Média	99	243	808	1427	1946	2941	3038	1501

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

Para a análise de variância, os dados foram utilizados com a transformação $\ln x$. 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 nitrogênio.

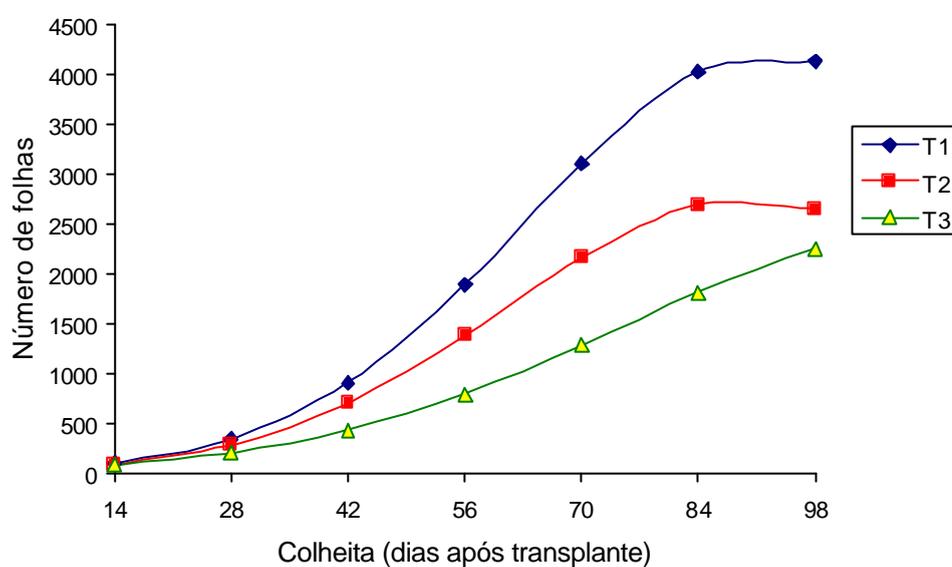


Figura 3. Número de folhas de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.3. Área foliar

A variação de área foliar de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 4.

A área foliar apresentou, durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio. As plantas submetidas ao nível mais elevado desse nutriente apresentam atraso no desenvolvimento da área foliar, quando comparadas com as demais.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 4, revela que não diferiram as áreas foliares de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio na 1ª e 2ª colheitas. Nas demais colheitas, as plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio apresentaram área foliar sempre maior que aquelas submetidas ao maior nível do nutriente e, na 5ª e 6ª colheitas, maior também que aquelas submetidas ao nível intermediário de nitrogênio.

Assim, as doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais, por terem diminuído a área foliar das plantas a elas submetidas.

A área foliar das plantas submetidas aos tratamentos com menor nível de nitrogênio e nível intermediário desse nutriente aumentou até a 5ª colheita, diminuindo, a seguir, de modo acentuado devido ao provável murchamento e queda de folhas, com maior crescimento dos brotos, estolões, raízes e outros órgãos da planta. Deve ser ressaltado que, quando houve redução de 50 % nas doses de nitrogênio utilizadas, após a 3ª

colheita, obteve-se maior desenvolvimento das folhas, o que também pode ser explicado pelo estágio de desenvolvimento.

Czepak (1995) observou que quanto maior a área foliar, maior a produção de óleo e de mentol, coincidindo com os resultados obtidos neste experimento.

Maia (1994) trabalhando com *M. arvensis* IAC-701 cultivada em solução nutritiva completa preparada de acordo com Sarruge (1975), em vasos com capacidade para 6 litros, obteve área foliar igual a 45,11 dm², sendo a área foliar de plantas submetidas à omissão de nitrogênio igual a 0,29 dm². Esses resultados mostram a importância do nitrogênio na produção dessa espécie.

Tabela 4. Análise de variância e comparação entre médias de área foliar (dm^2), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
32,64*	36,99*	2,23*

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L^{-1})**	Colheita (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	1,66A	9,41A	27,13A	37,44A	65,67A	54,63A	50,88A	35,26
263 / 132	1,59A	5,91A	16,15AB	27,03A	40,46B	36,13B	40,64A	23,99
315 / 158	1,49A	4,51A	6,54B	8,21B	25,97B	27,10B	26,87B	14,38
Média	1,58	6,61	16,61	24,23	44,03	39,29	39,46	24,54

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio dentro de colheita = 6,21

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 nitrogênio.

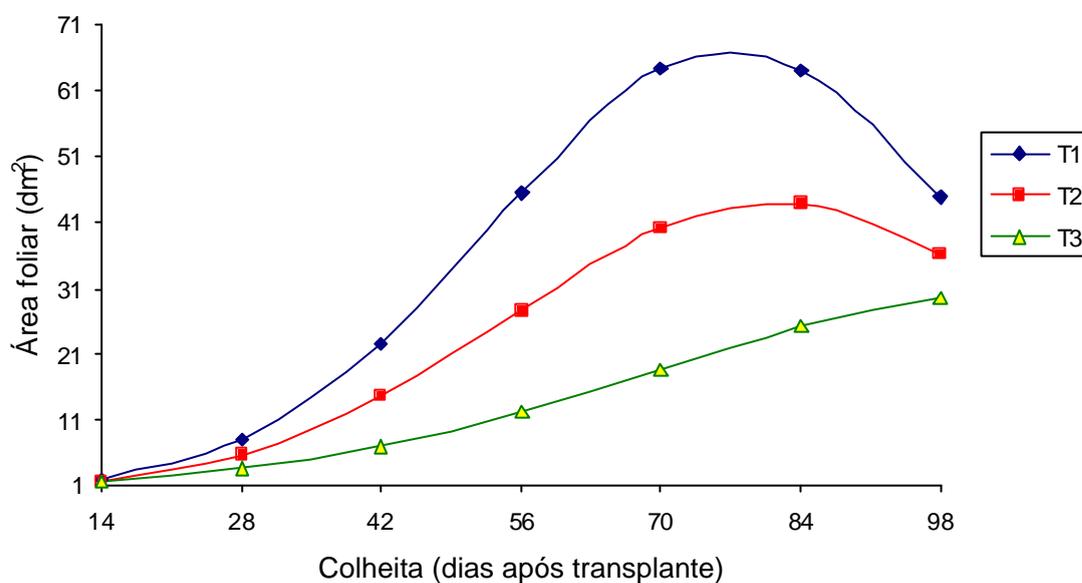


Figura 4. Área foliar (dm²) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.4. Massa fresca de caules

A variação de massa fresca de caules de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 5.

A massa fresca de caules apresentou, durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio. As plantas submetidas ao nível mais elevado desse nutriente apresentaram atraso no desenvolvimento da massa fresca de caules, quando comparadas com as demais.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 5, revela que não diferiram as massas frescas de caules de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio na 1^a, 2^a e 7^a colheitas. Nas demais colheitas, as plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio apresentaram massa fresca de caules sempre maior que aquelas submetidas ao maior nível desse nutriente e, na 5^a e 6^a colheitas, maior também que aquelas submetidas ao nível intermediário de nitrogênio.

Assim, as doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais, por terem diminuído a massa fresca de caules das plantas a elas submetidas.

Deve ser ressaltado que, as plantas nutridas com doses de nitrogênio 25 e 50 % a mais apresentaram desenvolvimento reduzido desde o início da brotação, com menor comprimento, peso e número de brotações.

Por fim, a inexistência de estudos que avaliem a massa fresca de caules de plantas de menta submetidas à variação de níveis de nitrogênio, impede a comparação dos resultados obtidos com os de outros autores.

Tabela 5. Análise de variância e comparação entre médias de massa fresca de caules (g), de *Menta piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
37,38*	64,50*	3,35*

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheitas (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	2,83A	17,20A	64,25A	87,35A	134,02A	160,50A	202,00A	95,45
263 / 132	2,63A	12,08A	48,87AB	78,50A	92,50B	101,25B	144,50A	68,62
315 / 158	2,53A	9,05A	22,36B	42,31B	58,54B	71,25B	94,50A	42,93
Média	2,66	12,78	45,16	69,39	95,02	111,00	147,00	69,00

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio dentro de colheita = 14,58

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 nitrogênio.

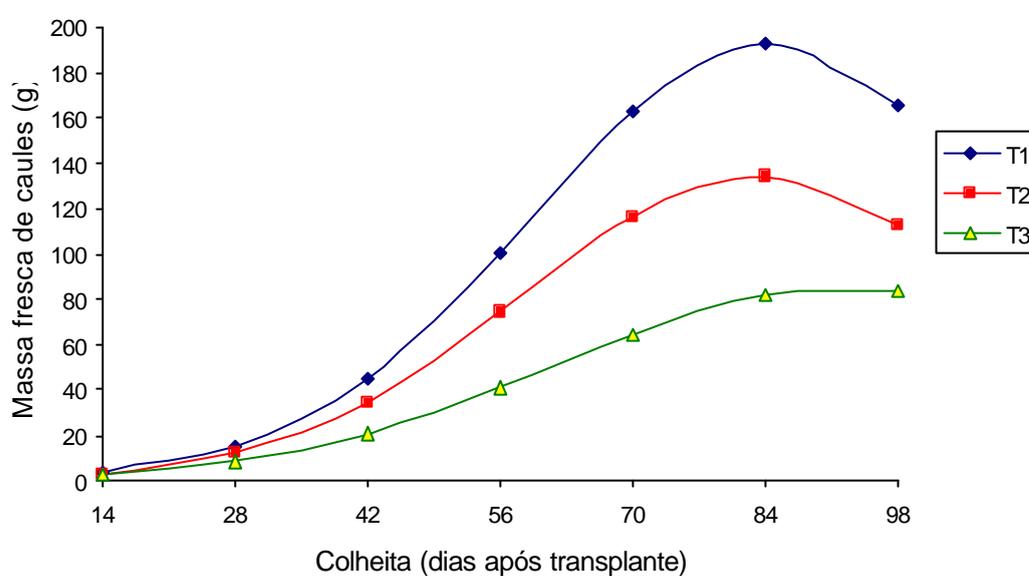


Figura 5. Massa fresca de caules (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.5. Massa fresca de folhas

A variação de massa fresca de folhas de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 6.

A massa fresca de folhas apresentou durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio. As plantas submetidas ao nível mais elevado desse nutriente apresentaram atraso no desenvolvimento da massa fresca de folhas, quando comparadas com as demais.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 6, revela que não diferiram as massas frescas de folhas de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio na 1ª e 2ª colheitas. Nas demais colheitas, as plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio apresentaram massa fresca de folhas sempre maior que aquelas submetidas ao maior nível desse nutriente e, na 5ª e 6ª colheita, maior também que aquelas submetidas ao nível intermediário de nitrogênio.

Assim, as doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais, por ter diminuído a massa fresca de folhas das plantas a elas submetidas.

Por fim, a inexistência de estudos que avaliem a massa fresca de folhas de plantas de menta submetidas à variação de níveis de nitrogênio, impede a comparação dos resultados obtidos com os de outros autores.

Tabela 6. Análise de variância e comparação entre médias de massa fresca de folhas (g) de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
42,65*	84,21*	3,14*

* Significância ao nível de 5 %

Comparações entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	4,55A	13,32A	42,43A	48,03A	82,64A	79,25A	94,25A	52,07
263 / 132	4,20A	10,87A	31,58A	43,75A	56,98B	58,25B	78,50A	40,59
315 / 158	4,32A	8,62A	15,28B	25,40B	36,45C	46,51B	53,75B	27,19
Média	4,36	10,94	29,76	39,06	58,69	61,34	75,50	39,95

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio dentro de colheita = 6,47

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 nitrogênio.

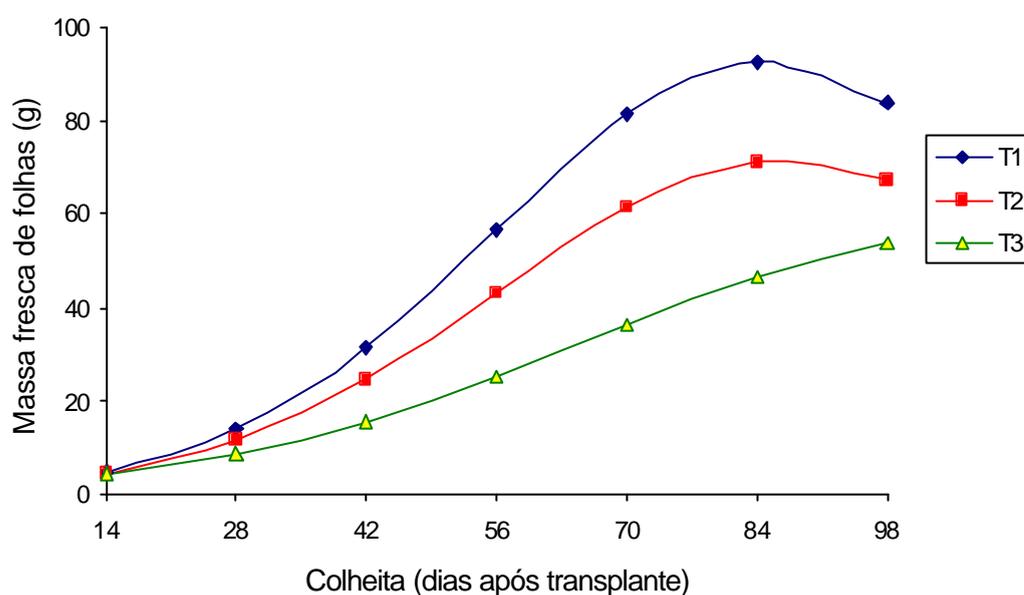


Figura 6. Massa fresca de folhas (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.6. Massa fresca de parte aérea

A variação de massa fresca de parte aérea de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 7.

A massa fresca de parte aérea apresentou durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio. As plantas submetidas ao nível mais elevado desse nutriente apresentaram atraso no desenvolvimento da massa fresca de parte aérea, quando comparadas com as demais.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 7, revela que não diferiram as massas frescas de parte aérea de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio na 1ª e 2ª colheitas. Nas demais, as plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio apresentaram massa fresca de parte aérea sempre maior que aquelas submetidas ao maior nível desse nutriente e, na 5ª, 6ª e 7ª colheitas, maior também que aquelas submetidas ao nível intermediário de nitrogênio.

Assim, doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais, por terem diminuído a massa fresca de parte aérea das plantas a elas submetidas.

Czepak (1995) observou que quanto maior a quantidade de massa verde, maiores são as produções de óleo e mentol, observação confirmada neste experimento.

Tabela 7. Análise de variância e comparação entre médias de massa fresca de parte aérea (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
41,94*	75,25*	3,40*

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheitas (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	7,38A	30,52A	106,68A	135,38A	216,94A	240,13A	296,43A	147,64
263 / 132	6,83A	22,95A	80,45A	122,25A	149,48B	159,50B	223,00B	109,21
315 / 158	6,85A	17,67A	37,64B	67,71B	94,99C	117,76B	148,49C	70,16
Média	7,02	23,71	74,92	108,45	153,80	172,46	222,64	109,00

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio dentro de colheita = 20,32

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 nitrogênio.

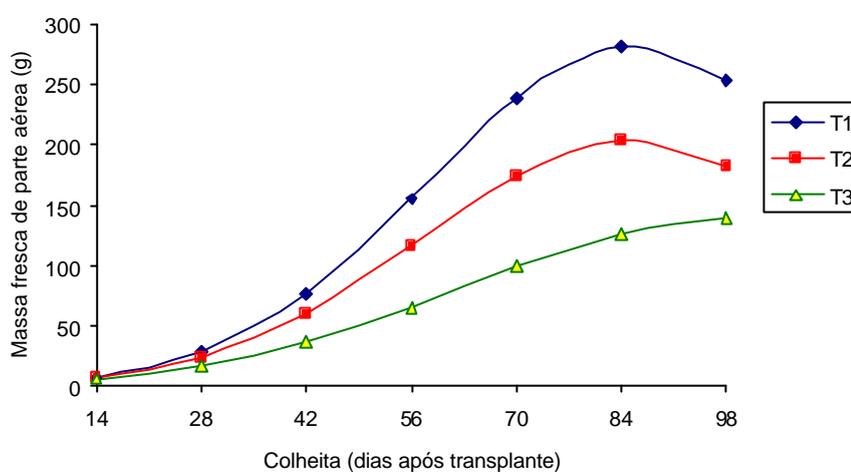


Figura 7. Massa fresca de parte aérea (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.7. Massa fresca de estolões

A variação de massa fresca de estolões de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 8.

A massa fresca de estolões apresentou durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 8, revela que não diferiram as massas frescas de estolões de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio.

Este comportamento indica que as doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon, apesar das tendências apresentadas pelas plantas, não interferiram com a massa fresca de estolões.

Por fim, a inexistência de estudos que avaliem a massa fresca de estolões de plantas de menta submetidas à variação de níveis de nitrogênio, impede a comparação dos resultados obtidos com os de outros autores.

Tabela 8. Análise de variância e comparação entre médias de massa fresca de estolões (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
2,81 n.s.	10,11*	0,81 n.s.

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheitas (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	2,73	2,71	0,36	11,15	10,44	38,45	42,78	15,52
263 / 132	0,80	1,59	0,16	1,98	15,89	20,42	31,01	10,26
315 / 158	0,53	1,98	0,04	1,66	8,16	6,58	27,20	6,59
Média	1,35	2,09	0,19	4,93	11,50	21,82	33,66	10,79

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio = 8,88

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 nitrogênio.

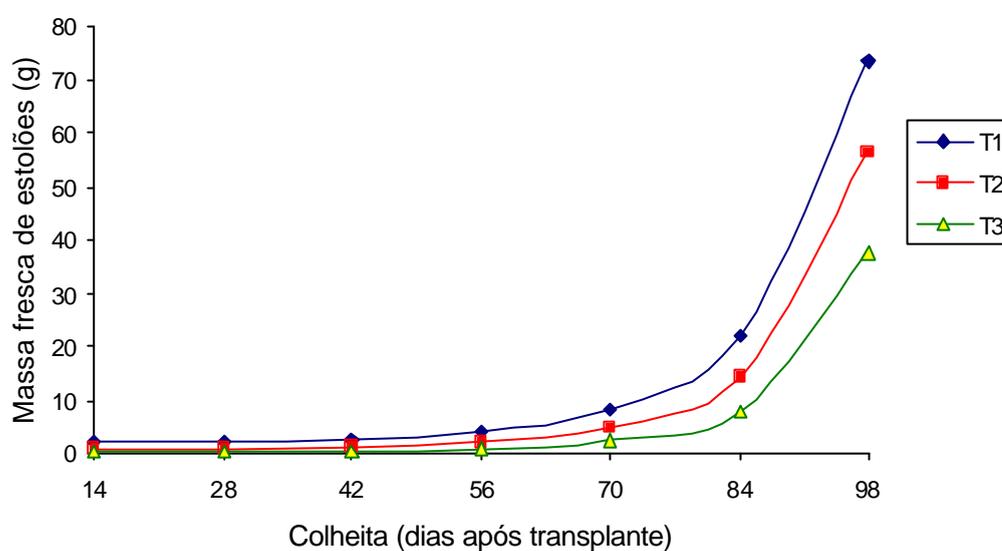


Figura 8. Massa fresca de estolões (g) de *Mentha piperita*, cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.8. Massa fresca de raízes

A variação de massa fresca de raízes de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 9.

A massa fresca de raízes apresentou, durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio. As plantas submetidas ao nível mais elevado desse nutriente apresentaram atraso no desenvolvimento da massa fresca de raízes, quando comparadas com as demais.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 9, revela que não diferiram a massa fresca de raízes de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio na 1ª e 2ª colheitas. Nas demais, as plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio apresentaram massa fresca de raízes sempre maior que aquelas submetidas ao maior nível desse nutriente e, na 5ª e 6ª colheitas, maior também que aquelas submetidas ao nível intermediário de nitrogênio. Neste caso, também as doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais, por terem diminuído a massa fresca de raízes das plantas a elas submetidas.

As raízes das plantas submetidas a doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon apresentaram-se menos desenvolvidas, mais delgadas e curtas, devido ao provável excesso desse nutriente.

A inexistência de estudos que avaliem a massa fresca de raízes de plantas de menta submetidas à variação de níveis de nitrogênio, impede a comparação dos resultados verificados no presente estudo.

Tabela 9. Análise de variância e comparação entre médias de massa fresca de raízes (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
39,76*	61,97*	3,25*

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheitas (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	4,30A	10,98A	50,00A	67,25A	118,25A	123,00A	127,50A	71,61
263 / 132	3,88A	7,13A	32,75A	51,75A	77,50B	81,25B	106,50A	51,54
315 / 158	3,80A	5,98A	10,50B	24,25B	44,25C	70,25B	57,00B	30,86
Média	3,99	8,03	31,08	47,75	80,00	91,50	97,00	51,34

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio dentro de colheita = 10,97

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 nitrogênio.

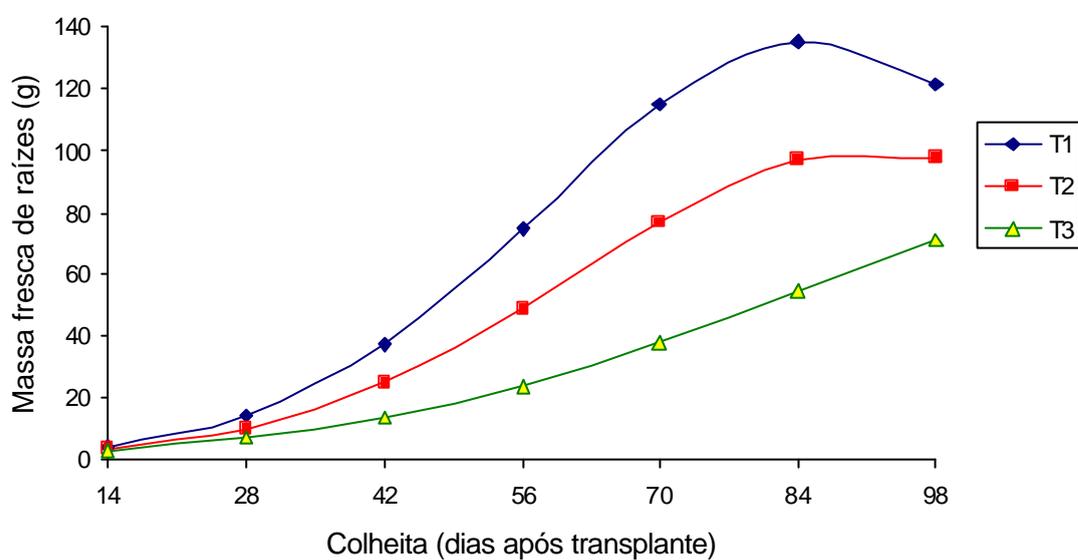


Figura 9. Massa fresca de raízes (g) de *Mentha piperita*, cultivadas em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.9. Massa fresca total

A variação do comprimento de massa fresca total de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 10.

A massa fresca total apresentou, durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio. As plantas submetidas ao nível mais elevado desse nutriente apresentaram atraso no desenvolvimento da massa fresca total, quando comparadas com as demais.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 10, revela que não diferiram a massa fresca total de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio na 1^a e 2^a colheitas. Nas demais colheitas, as plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio apresentaram massa fresca total sempre maior que aquelas nutridas com o maior nível desse nutriente e na 5^a, 6^a e 7^a colheitas, maior também que aquelas submetidas ao nível intermediário de nitrogênio.

Assim, as doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais, por terem diminuído a massa fresca total das plantas a elas submetidas.

Uma vez mais, a inexistência de estudos que avaliem a massa fresca total de plantas de menta submetidas à variação de níveis de nitrogênio, impede a comparação dos resultados do presente estudo.

Tabela 10. Análise de variância e comparação entre médias de massa fresca total (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
44,25*	78,61*	3,50*

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheitas (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	13,05A	44,23A	157,04A	213,78A	345,62A	401,58A	466,70A	234
263 / 132	11,50A	31,66A	113,3AB	176,00A	242,87B	261,17B	360,63B	171
315 / 158	11,17A	25,62A	48,18B	93,62B	147,20C	194,59B	232,48C	107
Média	11,91	33,84	106,17	161,13	245,23	285,78	353,27	171

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio dentro de colheita = 32,41

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 nitrogênio.

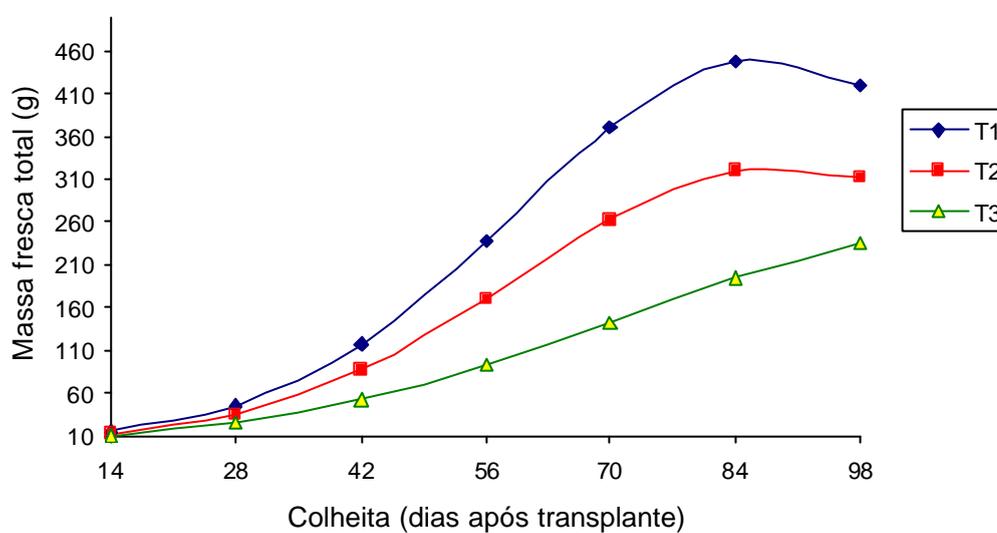


Figura 10. Massa fresca total (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.10. Massa seca de caules

A variação de massa seca de caules de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 11.

A massa seca de caules apresentou, durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio. As plantas submetidas ao nível mais elevado desse nutriente apresentaram atraso no desenvolvimento da massa seca de caules, quando comparados com as demais.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 11, revela que não diferiram as massas seca de caules de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio na 1^a, 2^a, 3^a e 4^a colheitas. Nas demais colheitas, as plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio apresentaram massa seca de caules sempre maior que aquelas submetidas ao maior nível desse nutriente e, na 5^a, 6^a e 7^a colheitas, maior também que aquelas submetidas ao nível intermediário de nitrogênio.

Assim, doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais, por terem diminuído a massa seca de caules das plantas a elas submetidas.

Maia (1994) trabalhando com *M. arvensis* na solução nutritiva completa preparada de acordo com Sarruge (1975), aos 77 dias após o plantio, obteve uma média de 6,7 g de massa seca de caule por vaso de 6 litros. No presente estudo, as médias de massa seca por vaso, no tratamento com o menor nível de nitrogênio (210/105 mg.L⁻¹), aos 70, 84 e 98 dias após transplante foram iguais a 52, 74 e 86 g / vaso com 6 litros de

capacidade. Esses valores, equivalentes a 48,7, 53,2 e 58,5 % da massa seca total superam aqueles obtidos pelo referido autor.

Tabela 11. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de caules (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
32,41*	53,04*	3,61*

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante) *							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	0,28A	2,28A	9,25A	14,50A	26,00A	37,00A	43,00A	18,90
263 / 132	0,28A	1,45A	6,50A	12,00A	15,50B	22,00B	27,75B	12,21
315 / 158	0,25A	1,05A	2,75A	5,50A	9,25B	14,75B	18,00C	7,36
Média	0,27	1,59	6,17	10,67	16,92	24,58	29,58	12,82

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio dentro de colheita = 3,45

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 nitrogênio.

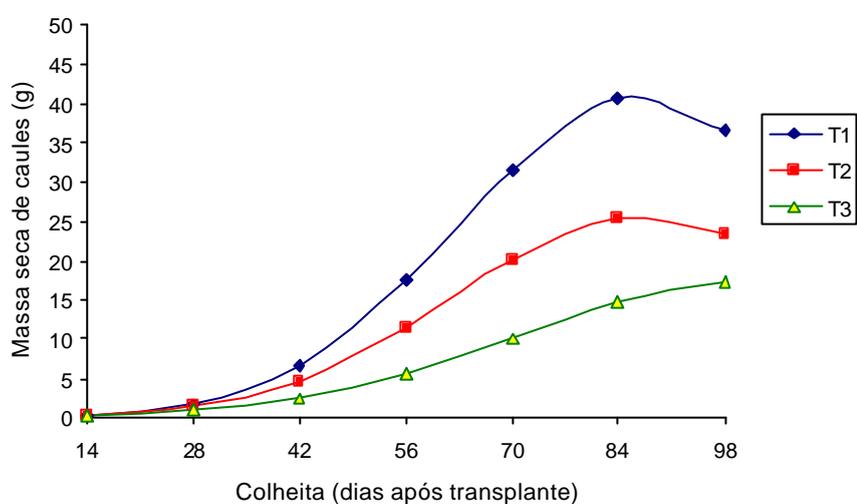


Figura 11. Massa seca de caules (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.11. Massa seca de folhas

A variação de massa seca de folhas de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 12.

A massa seca de folhas apresentou, durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio. As plantas submetidas ao nível mais elevado desse nutriente apresentaram atraso no desenvolvimento da massa seca de folhas, quando comparados com as demais.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 12, revela que não diferiram as massas secas de folhas de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio na 1^a e 2^a colheitas. Nas demais, as plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio apresentaram massa seca de folhas sempre maior que aquelas submetidas ao maior nível desse nutriente e, na 5^a e 6^a colheitas, maior também que aquelas submetidas ao nível intermediário de nitrogênio.

Assim, doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais, por diminuir a massa seca de folhas das plantas a elas submetidas.

O comportamento esperado da massa seca de folhas das plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio (210/105 mg.L⁻¹), têm seu declínio associado possivelmente à redistribuição de fotoassimilados e sua maior demanda pelos demais órgãos da planta como, os estolões, os caules e as flores.

Maia (1994) trabalhando com *M. arvensis*, aos 77 dias após o plantio obteve uma média de 10.6 g de massa seca de folhas por vaso, equivalentes a 22 a 49 % da massa seca total da planta. No presente estudo, as médias de massa seca de folhas por vaso das plantas submetidas ao menor nível de nitrogênio (210/105 mg.L⁻¹), aos 70, 84 e 98 dias após transplante foram iguais a 40,0, 42,5 e 40,5 g, equivalentes a 37,5, 30,6 e 27,5 % da massa seca total, valores que superam os obtidos por Maia (1994).

Tabela 12. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de folhas (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
42,09*	54,67*	3,19*

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	0,70A	2,73A	9,25A	11,00A	20,00A	21,25A	20,25A	12,17
263 / 132	0,60A	2,00A	6,00A	8,75AB	12,25B	13,75B	15,75A	8,44
315 / 158	0,58A	1,50A	2,75B	4,75B	7,00C	10,00B	10,00B	5,23
Média	0,63	2,08	6,00	8,17	13,08	15,00	15,33	8,61

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio dentro de colheita = 1,82

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 nitrogênio.

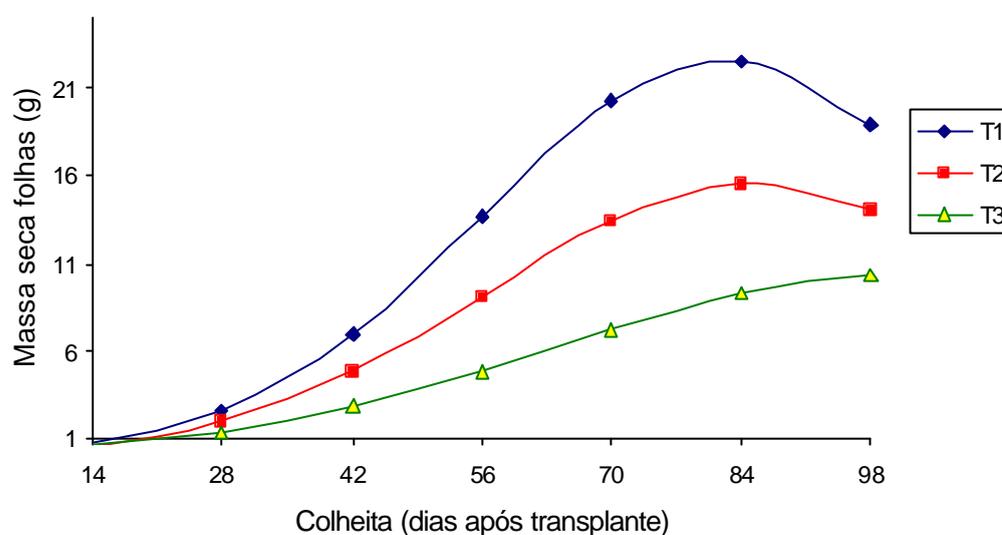


Figura 12. Massa seca de folhas (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.12. Massa seca de parte aérea

A variação de massa seca de parte aérea de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 13.

A massa seca de parte aérea apresentou, durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio. As plantas submetidas ao nível mais elevado desse nutriente apresentaram atraso no desenvolvimento da massa seca de parte aérea, quando comparadas com as demais.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 13, revela que não diferiram as massas seca de parte aérea de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio na 1^a e 2^a colheitas. Nas demais, as plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio apresentaram massa seca de parte aérea sempre maior que aquelas submetidas ao maior nível desse nutriente e, na 5^a, 6^a e 7^a colheitas, maior também que aquelas submetidas ao nível intermediário de nitrogênio.

Assim, doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais, por terem diminuído a massa seca de parte aérea das plantas a elas submetidas.

Por fim, a inexistência de estudos que avaliem a massa seca de parte aérea de plantas de menta submetidas à variação de níveis de nitrogênio, impede a comparação dos resultados obtidos com os de outros autores.

Tabela 13. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de parte aérea (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
43,32*	60,52*	3,99*

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	0,98A	5,00A	19,30A	25,50A	46,05A	58,35A	63,30A	31,21
263 / 132	0,88A	3,45A	9,50A	20,75A	27,75B	35,75B	43,50B	20,23
315 / 158	0,83A	2,55A	5,75B	10,25B	16,25B	22,25C	28,00C	12,27
Média	0,90	3,67	11,52	18,83	30,02	38,78	44,93	21,24

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio dentro de colheita = 4,91

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 nitrogênio.

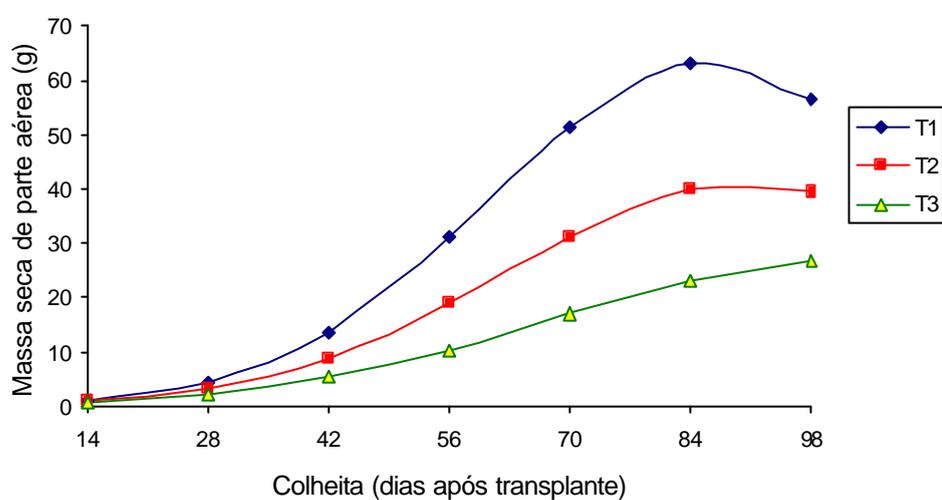


Figura 13. Massa seca de parte aérea (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3ª colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4ª; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3ª colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4ª e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3ª colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4ª. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.13. Massa seca de estolões

A variação de massa seca de estolões de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 14.

A massa seca de estolões apresentou, durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 14, revela que não diferiram as massas secas de estolões de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio.

Este comportamento indica que as doses maiores de nitrogênio, apesar das tendências apresentadas pelas plantas, não interferiram com a massa seca de estolões.

Maia (1994) cultivando plantas de menta em solução nutritiva completa encontrou valores médios de massa seca de estolões iguais a 11,2 g / vaso, aos 77 dias após plantio. No entanto, no presente estudo, em que os estolões só cresceram após a terceira colheita, 42 dias após transplante, quando as plantas foram nutridas com o menor nível de nitrogênio, verificou-se valores de massa seca de estolões iguais a 3,5, 9,94 e 9,22 g / vaso, aos 70, 84 e 98 dias após o transplante.

Tabela 14. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de estolões (g), de *Mentha piperita cultivada* em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
3,19 n.s.	7,56*	1,02 n.s.

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheitas (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	0,11	0,30	0,04	0,89	1,75	4,97	4,61	1,81
263 / 132	0,06	0,18	0,01	0,16	1,86	1,73	2,47	0,92
315 / 158	0,04	0,28	0,01	0,14	0,92	0,69	3,16	0,75
Média	0,07	0,25	0,02	0,40	1,51	2,46	3,41	1,16

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio = 1,08

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 nitrogênio.

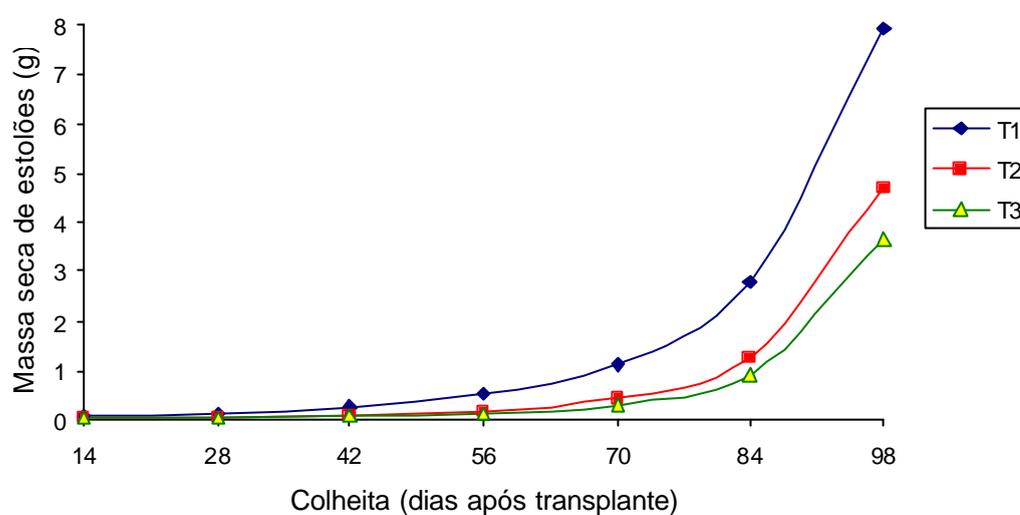


Figura 14. Massa seca de estolões (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.14. Massa seca de raízes

A variação de massa seca de raízes de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 15.

A massa seca de raízes apresentou, durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio. As plantas submetidas ao nível mais elevado desse nutriente apresentaram atraso no desenvolvimento da massa seca de raízes, quando comparadas com as demais.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 15, revela que não diferiram as massas secas de raízes de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio.

Este comportamento indica que as doses maiores de nitrogênio, apesar das tendências apresentadas pelas plantas, não interferiram com a massa seca de raízes.

No presente estudo, o tratamento com o menor nível de nitrogênio (210/105 mg.L⁻¹), apresentou aos 70, 84 e 98 dias após transplante, médias iguais a 11,16, 12,36 e 11,3 g de massa seca de raízes / vaso respectivamente, equivalentes a 10,4, 8,9 e 7,6 % da massa seca total. Esses valores de massa seca de raízes superam os de Maia (1994), que cultivando *M. arvensis*, com solução nutritiva completa, preparada de acordo com Sarruge (1975), obteve aos 77 dias após transplante, média igual a 3,6 g de massa seca de raízes / vaso, equivalentes a 11,28 % do total da massa do material seco produzido. O autor comenta que essa baixa proporção de raízes pode ser o motivo pelo qual a menta é considerada uma planta exigente em fertilidade, com pequena quantidade de raízes para absorver os nutrientes

necessários para uma grande quantidade de massa de material verde. Dessa forma, a planta necessita ter a sua disposição uma maior quantidade de nutrientes.

Tabela 15. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca de raízes (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
1,47 n.s.	8,61*	0,98 n.s.

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	0,33	0,90	2,70	3,43	5,58	6,18	5,65	3,54
263 / 132	0,33	0,70	1,78	3,03	3,45	4,50	4,58	2,62
315 / 158	0,25	0,55	1,18	1,48	2,23	2,88	2,93	2,46
Média	0,30	0,72	1,89	2,65	3,75	4,52	4,39	2,60

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio = 1,62

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 nitrogênio.

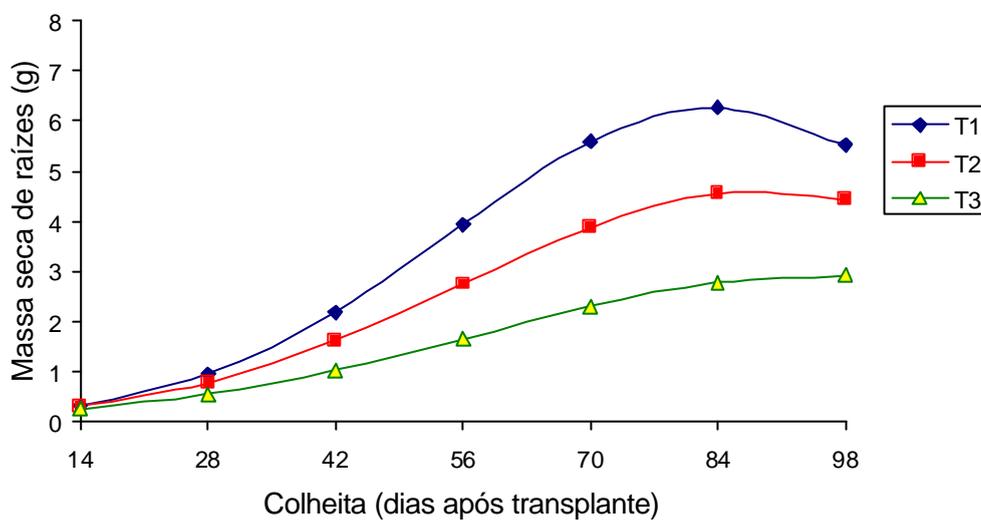


Figura 15. Massa seca de raízes (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3ª colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4ª; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3ª colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4ª e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3ª colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4ª. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.15. Massa seca total

A variação de massa seca total de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na figura 16.

A massa seca total apresentou, durante o ciclo de desenvolvimento, tendência de manter-se mais elevada nas plantas submetidas aos mais baixos níveis de nitrogênio. As plantas submetidas ao nível mais elevado desse nutriente apresentaram atraso no desenvolvimento da massa seca total, quando comparadas com as demais.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 16, revela que não diferiram as massas secas totais de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio na 1^a, 2^a e 3^a colheitas. Nas demais, as plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio apresentaram massa seca total sempre maior que aquelas submetidas ao maior nível desse nutriente e, na 5^a, 6^a e 7^a colheitas, maior também que aquelas submetidas ao nível intermediário de nitrogênio.

Assim, doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais, por terem diminuído a massa total das plantas a elas submetidas.

Maia (1994) obteve com *M. arvensis* IAC-701, média igual a 32,1 g de material seco / vaso, 77 dias após o plantio, usando solução nutritiva completa preparada de acordo com Sarruge (1995). No presente estudo, obteve-se no tratamento com o menor nível de nitrogênio (210/105 mg.L⁻¹) aos 70, 84 e 98 dias após transplante, massa seca total iguais a 106,76, 138,98 e 147,12 g / vaso, valores maiores do que aqueles obtidos quando os maiores níveis de nitrogênio foram utilizados.

Czepak (1995) verificou que quanto maior a produção de matéria seca, maior é a produção de óleo e mentol. Esses resultados concordam com os obtidos no presente estudo. Além disso, Czepak (1995) verificou também diminuição no ritmo de acúmulo de matéria seca durante o período de outono / inverno, o que demonstra uma significativa influência do clima no acúmulo de matéria seca da espécie.

Tabela 16. Análise de variância e comparação entre médias de massa seca total (g), de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas entre janeiro e março.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
38,74*	62,25*	3,55*

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	1,41A	6,20A	22,04A	29,81A	53,38A	69,49A	73,56A	36,56
263 / 132	1,26A	4,33A	11,28A	23,94A	33,06B	41,98B	50,54B	23,77
315 / 158	1,12A	3,38A	6,93A	11,86B	19,40B	25,81C	39,83B	15,48
Média	1,26	4,64	13,42	21,87	35,28	45,76	54,64	25,27

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio dentro de colheita = 5,79

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 nitrogênio.

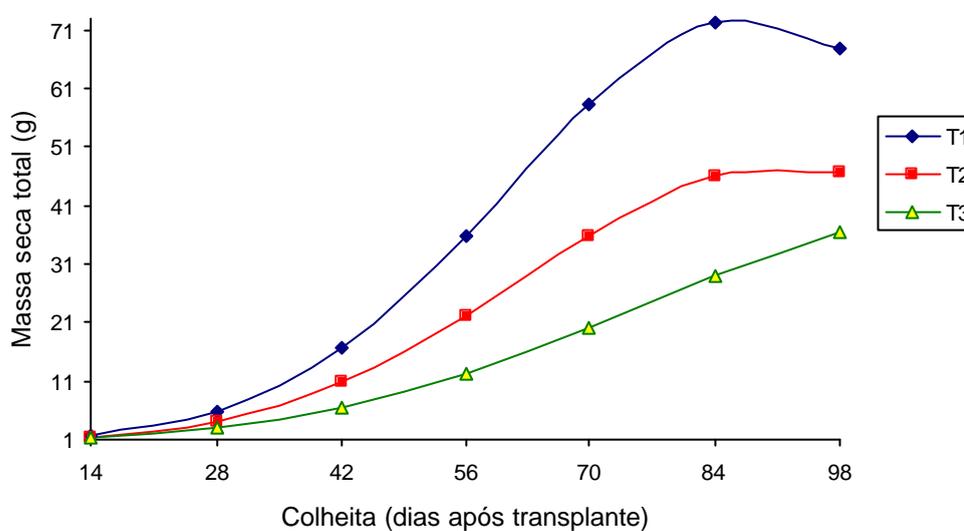


Figura 16. Massa seca total (g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.16. Razão de área foliar (RAF)

A variação da razão de área foliar de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na tabela 17 e figura 17.

As plantas submetidas ao tratamento com o maior nível de nitrogênio (315/158 mg.L⁻¹) apresentaram diminuição da razão de área foliar desde a 1^a colheita. O comportamento desta razão foi semelhante nas plantas submetidas aos tratamentos com os menores níveis de nitrogênio (210/105 e 263/132 mg.L⁻¹). Nestas plantas, a razão de área foliar apresentou aumento inicial, com diminuição acentuada a partir da 4^a colheita.

A razão de área foliar representa a dimensão relativa do aparelho fotossintético, sendo apropriado para avaliação dos efeitos genotípicos, climáticos e de manejo de comunidades vegetais (Magalhães, 1985). Este índice fisiológico expressa a área foliar útil para a fotossíntese, representando um componente morfo-fisiológico (Benincasa, 1988).

Portanto, se nota decréscimo dos valores da razão de área foliar, de acordo com a idade da planta, para todos os níveis de nitrogênio estudados. Dessa forma, a tendência geral é a diminuição da RAF durante o crescimento. Este comportamento foi o mesmo daquele verificado por Aguiar Netto (1997), cultivando batata, em que a RAF decresceu com o desenvolvimento das plantas, indicando uma partição diferencial de assimilados. Enquanto a matéria seca total tendeu a aumento, a área foliar tendeu a redução. Este comportamento é característico para culturas de ciclos curtos, comparadas à de desenvolvimento lento (Santos 1998).

Não se têm conhecimento de estudos envolvendo menta submetidos à diferentes níveis de nitrogênio, com avaliação da RAF o que impede a comparação destes

resultados. No entanto, a abordagem deste parâmetro fisiológico, relacionado a outras culturas, com o objetivo de informação e esclarecimento de sua manifestação nas plantas é interessante.

Silva (1992) encontrou que os valores de RAF diminuíram durante o período de crescimento vegetativo de plantas de arroz. Esses resultados corroboram aqueles obtidos por Rodrigues (1982) para a cultura de soja, Boaro (1986) e Boaro et al. (1996) para feijoeiro e Rodrigues (1990) com estímulantes.

Segundo Pereira & Machado (1987) a maioria das culturas na fase inicial de desenvolvimento apresentam rápido aumento da RAF até um máximo. Este comportamento indica que, no início, grande parte do material fotossintetizado é convertido em novas folhas. Entretanto, nas condições do presente estudo este comportamento ocorreu nas plantas submetidas aos tratamentos com os menores níveis de nitrogênio (210/105 e 262/131 mg. L⁻¹).

Tabela 17. Razão de área foliar (dm^2 / g) de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. Média de quatro repetições.

Nível N (mg.L^{-1})**	Colheita (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	1,2339	1,3441	1,3572	1,2704	1,1023	0,8867	0,6612	1,1223
263 / 132	1,2947	1,3447	1,3287	1,2490	1,1169	0,9502	0,7690	1,1505
315 / 158	1,2961	1,1833	1,0863	1,0026	0,9305	0,8683	0,8147	1,0259
Média	1,2749	1,2907	1,2574	1,1740	1,0499	0,9017	0,7483	1,0996

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3ª colheita / 4ª colheita em diante.

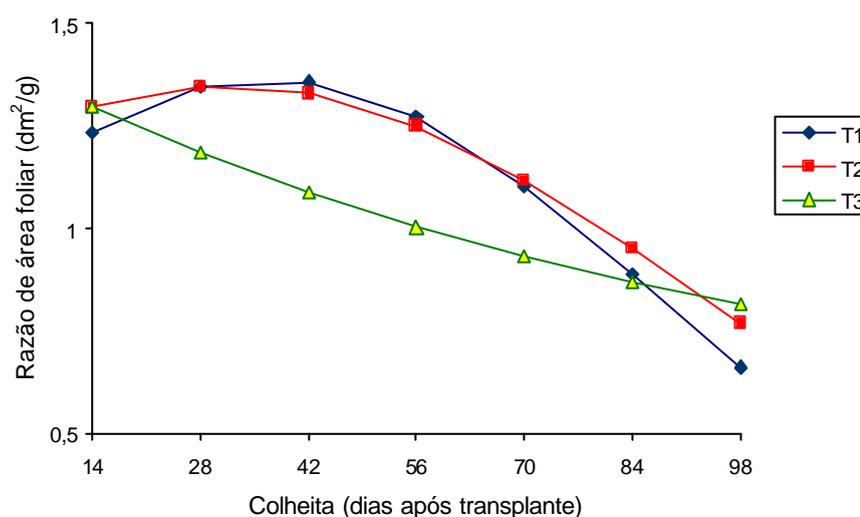


Figura 17. Razão de área foliar (dm^2 / g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L^{-1} N até 3ª colheita e 105 mg.L^{-1} a partir da 4ª; T2: 263 mg.L^{-1} N até 3ª colheita e 132 mg.L^{-1} a partir da 4ª e T3: 315 mg.L^{-1} N até 3ª colheita e 158 mg.L^{-1} a partir da 4ª. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.17. Área foliar específica (AFE)

A variação da área foliar específica de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na tabela 18 e figura 18.

O comportamento da área foliar específica das plantas submetidas aos menores níveis de nitrogênio (210/105 e 263/132 mg.L⁻¹) foi semelhante entre si e inverso àquele apresentado pelas plantas nutridas com o maior nível deste nutriente (315/158 m.L⁻¹). Nos dois primeiros grupos de plantas, a área foliar específica aumentou, atingiu um máximo e diminuiu. No 3º grupo, a área foliar específica se manteve praticamente constante durante todo o ciclo de desenvolvimento.

De acordo com Benincasa(1982), a área foliar específica é um componente morfológico e anatômico da RAF e relaciona a superfície foliar com a massa seca da própria folha.

Segundo Benincasa (1988), no início do desenvolvimento, os valores da AFE podem ser maiores, revelando folhas pouco espessas, com pouca matéria seca e pequena área foliar. Então, é evidente que à medida que há o desenvolvimento da área foliar, ocorre também um acúmulo de matéria seca nessa folha e como a AFE relaciona a superfície com a massa seca da folha, a tendência é a queda dos valores deste parâmetro, logo após a primeira colheita, para estabilizar-se nas colheitas seguintes (Rodrigues, 1990). Pode-se notar que este comportamento, característico para plantas anuais, não é o mesmo para plantas perenes. Para a menta, há uma maior estabilização no tratamento em que as plantas foram nutridas com o maior nível de nitrogênio (315/158 mg.L⁻¹).

Deve-se ressaltar que a inexistência de trabalhos com análise de crescimento em menta, que avaliassem a área foliar específica nas condições do presente estudo, dificulta uma melhor discussão dos resultados observados. Entretanto, resultados para outras culturas podem proporcionar uma idéia dos valores deste parâmetro fisiológico. Assim, Boaro (1986) e Boaro et al. (1996) demonstraram que para a cultura do feijão, a área foliar específica manteve-se praticamente constante durante todo o ciclo de cultivo, salientando ainda que os níveis de magnésio não influenciaram este parâmetro. Silva (1992) mostrou que para a cultura do arroz a área foliar específica é maior na primeira colheita. Tais resultados são concordantes com os obtidos por Rodrigues (1990), que relatou que a área foliar específica é elevada no início e decresce até o final do ciclo do vegetal. Todavia, segundo Pereira & Machado (1987), em algumas culturas os valores da AFE podem permanecer constantes ou variar pouco durante o período de crescimento vegetativo.

Plantas de arroz quando submetidas a 25 % mais de nitrogênio apresentaram maiores valores de AFE, seguidas pelas plantas dos tratamentos com 50 % mais de nitrogênio (Silva, 1992). Tais resultados são consistentes, visto que níveis baixos de nitrogênio provavelmente proporcionam uma intensa expansão da área foliar e translocação de solutos para outros órgãos da planta. No entanto, não foi esse o comportamento verificado para plantas de menta, em que os maiores valores de AFE foram apresentados pelas plantas nutridas com os menores níveis de nitrogênio.

Tabela 18. Área foliar específica (dm^2 / g) de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. Média de quatro repetições.

Nível N (mg.L^{-1})**	Colheita (Dias após transplante)*							Média
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)	
210 / 105	2,5407	2,9642	3,2376	3,3105	3,1689	2,8398	2,3825	2,9206
263 / 132	2,6273	2,8536	2,9939	3,0342	2,9704	2,8090	2,5660	2,8363
315 / 158	2,6670	2,5558	2,5045	2,5098	2,5719	2,6951	2,8881	2,6275
Média	2,6117	2,7912	2,9120	2,9515	2,9037	2,7813	2,6122	2,7948

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3ª colheita / 4ª colheita em diante.

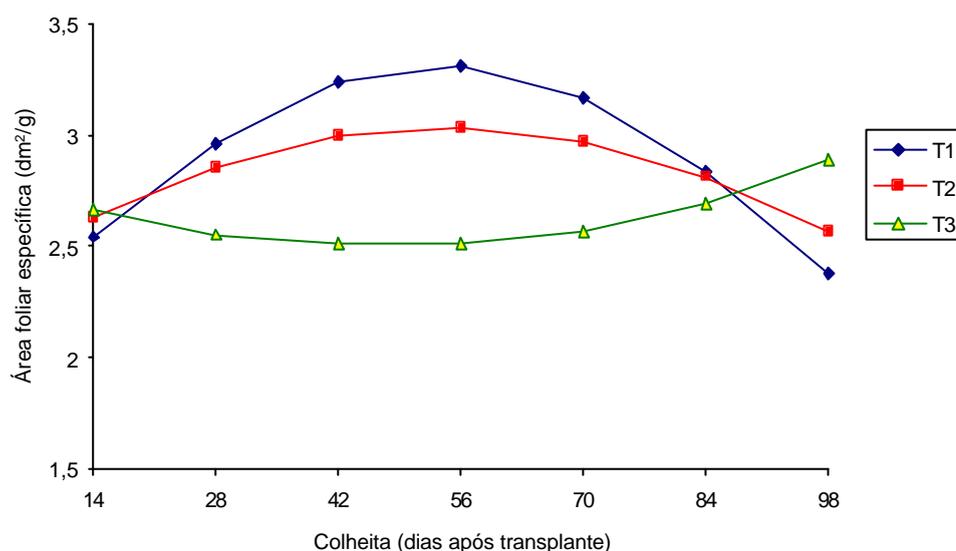


Figura 18. Área foliar específica (dm^2 / g) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L^{-1} N até 3ª colheita e 105 mg.L^{-1} a partir da 4ª; T2: 263 mg.L^{-1} N até 3ª colheita e 132 mg.L^{-1} a partir da 4ª e T3: 315 mg.L^{-1} N até 3ª colheita e 158 mg.L^{-1} a partir da 4ª. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.18. Taxa assimilatória líquida

A variação da taxa assimilatória líquida de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na tabela 19 e figura 19.

A taxa assimilatória líquida das plantas submetidas aos menores níveis de nitrogênio (210/105 e 263/132 mg.L⁻¹) apresentaram comportamento semelhante entre si e diferente daquelas nutridas com o maior nível de nitrogênio (315/158 mg.L⁻¹). As plantas submetidas aos tratamentos com os três diferentes níveis de nitrogênio apresentaram diminuição dessa taxa ao longo do ciclo, menos acentuada nas plantas nutridas com o maior nível de nitrogênio (315/158 mg.L⁻¹). Este comportamento indica que a maior dose de nitrogênio utilizada foi prejudicial para a taxa assimilatória líquida.

A taxa assimilatória líquida representa a eficiência dos sistema assimilador que é envolvido na produção de matéria seca, ou seja, é uma estimativa da fotossíntese líquida (Magalhães, 1985).

A falta de literatura referente ao estudo de menta submetida a variação dos níveis de nitrogênio, não permite a comparação do comportamento deste parâmetro fisiológico no presente estudo com os estudos de outros autores. Entretanto, Rodrigues (1982) e Santos Filho (1979) salientaram que há uma tendência geral de declínio durante o desenvolvimento das plantas de soja, devido à senescência das folhas.

Os resultados do presente estudo concordam com as observações de Silva (1992) de que a ação do nitrogênio sobre a taxa assimilatória líquida, em plantas de arroz é de difícil explicação, possivelmente devido à atividade diferencial do nitrogênio em cada

época analisada, sendo que no geral níveis baixos elevam-na e, níveis maiores parecem reduzi-la.

Tabela 19. Taxa assimilatória líquida ($\text{g} / \text{dm}^2 \times \text{dia}$) de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. Média de quatro repetições.

Nível N (mg.L^{-1})**	Colheita (Dias após transplante)*						
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)
210 / 105	0,0842	0,0627	0,0475	0,0353	0,0228	0,0061	-0,0215
263 / 132	0,0711	0,0562	0,0445	0,0341	0,0234	0,0101	-0,0089
315 / 158	0,0532	0,0502	0,0459	0,0402	0,0309	0,0245	0,0144
Média	0,0695	0,0564	0,0460	0,0365	0,0259	0,0136	0,0008

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3ª colheita / 4ª colheita em diante.

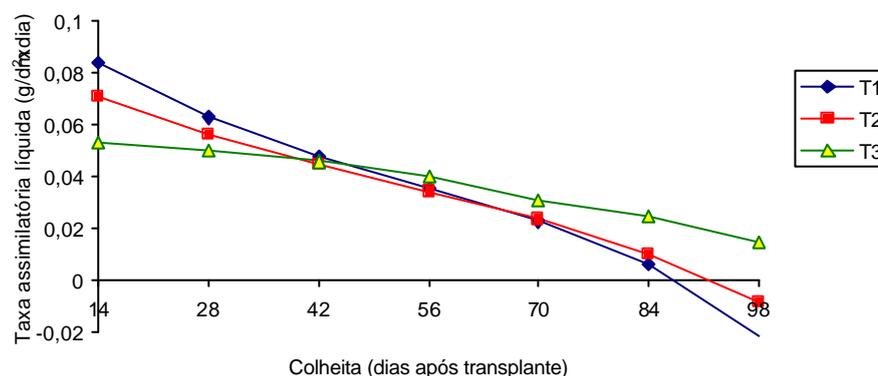


Figura 19. Taxa assimilatória líquida ($\text{g} / \text{dm}^2 \times \text{dia}$) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L^{-1} N até 3ª colheita e 105 mg.L^{-1} a partir da 4ª; T2: 263 mg.L^{-1} N até 3ª colheita e 132 mg.L^{-1} a partir da 4ª e T3: 315 mg.L^{-1} N até 3ª colheita e 158 mg.L^{-1} a partir da 4ª. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.19. Taxa de crescimento relativo

A variação da taxa de crescimento relativo de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, pode ser observada na tabela e figura 20.

A taxa de crescimento relativo das plantas submetidas aos menores níveis de nitrogênio (210/105 e 263/132 mg.L⁻¹) apresentaram comportamento semelhante entre si e diferente daquelas com o maior nível de nitrogênio (315/158 mg.L⁻¹). As plantas submetidas aos tratamentos com os três diferentes níveis de nitrogênio apresentaram diminuição dessa taxa ao longo do ciclo, menos acentuada nas plantas nutridas com o maior nível de nitrogênio (315/158 mg.L⁻¹). Este comportamento indica que a maior dose de nitrogênio utilizado foi prejudicial para a taxa de crescimento relativo.

De acordo com Benincasa (1988) a taxa de crescimento relativo, num intervalo de tempo, reflete o aumento da massa seca em função do material pré-existente. Para Briggs et al. (1920), citado por Rodrigues (1990) é a medida mais apropriada para a avaliação do crescimento vegetal, sendo dependente da quantidade de material que está sendo acumulado.

No presente estudo, o comportamento apresentado pelas plantas com relação à taxa de crescimento relativo foi semelhante ao da taxa assimilatória líquida.

Milthorpe & Moorby (1974) em extenso trabalho de revisão de análise de crescimento de plantas, submetidas às condições nutricionais usuais, relataram que durante a ontogenia de uma cultura, há um 1º período com taxas de crescimento aceleradas, seguido de um outro em que as taxas são mais ou menos constantes e de um terceiro, com declínio neste parâmetro. Neste último período, o crescimento torna-se negativo em função da morte de

folhas e gemas. Os resultados obtidos por Silva (1992) para a cultura do arroz, mostram um período inicial onde há acúmulo de massa seca, seguido por uma fase de declínio dos valores de TCR, onde níveis mais elevados de alumínio conduzem a maiores valores dessa taxa no primeiro intervalo, produzem decréscimos no segundo intervalo, que se estabiliza a partir daí até o final do ensaio.

Aguiar Netto (1997) verificou que aumento nos valores das lâminas de irrigação influenciou positivamente esta variável, para a cultura de batata, bem como também observou tendência geral de redução da taxa de crescimento relativo com o desenvolvimento da cultura, existindo uma fase inicial de acúmulo de material, seguida de outra com menor incremento, e um período posterior com valores próximos de zero, nos tratamentos com menores lâminas de irrigação.

Assim sendo, de acordo com Briggs (1920) citado por Rodrigues (1982) a TCR não é constante durante o desenvolvimento do vegetal, sendo no entanto válida para comparações entre tratamentos.

A falta de conhecimento de estudos com menta que avaliassem a influência de diferentes níveis de nitrogênio em solução nutritiva neste parâmetro, prejudica a discussão deste resultados. Entretanto, os resultados relativos a outras culturas podem colaborar para seu melhor entendimento.

Tabela 20. Taxa de crescimento relativo (g / g x dia) de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. Média de quatro repetições.

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*						
	1(14)	2(28)	3(42)	4(56)	5(70)	6(84)	7(98)
210 / 105	0,1039	0,0842	0,0645	0,0449	0,0251	0,0055	-0,0142
263 / 132	0,0921	0,0755	0,0591	0,0426	0,0261	0,0096	-0,0069
315 / 158	0,0689	0,0594	0,0499	0,0403	0,0308	0,0313	0,0117
Média	0,0883	0,0730	0,0578	0,0426	0,0273	0,0121	0,0012

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

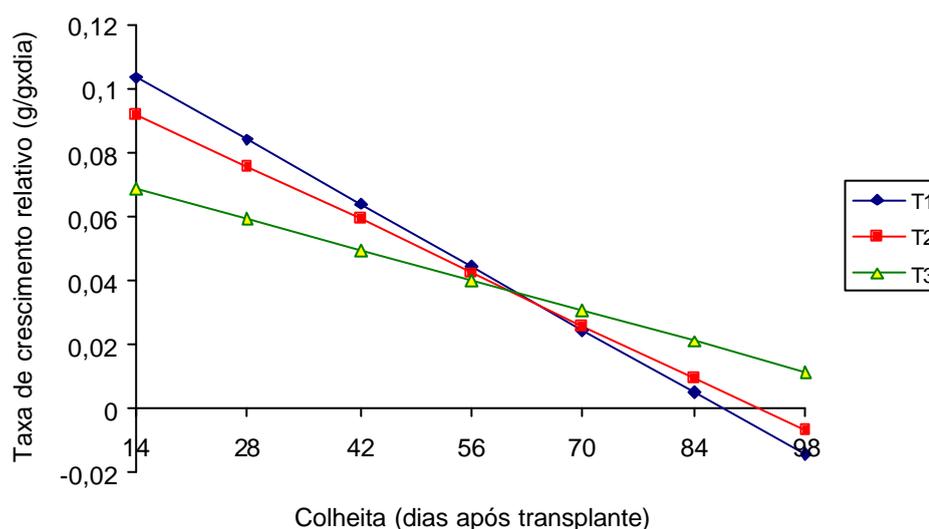


Figura 20. Taxa de crescimento relativo (g / g x dia) de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a. Valores ajustados pela equação exponencial quadrática.

6.20. Produção de óleo essencial

As tendências de variação de volume de óleo essencial de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, podem ser observadas na figura 21.

O volume de óleo essencial manteve-se mais elevado nas plantas submetidas ao menor nível de nitrogênio (210/105 mg.L⁻¹) e mais baixo naquelas nutridas com o maior nível (315/158 mg.L⁻¹). O comportamento revelado por esse parâmetro diferiu nas plantas submetidas aos tratamentos com os três níveis de nitrogênio.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 21, revela que diferiram o volume de óleo essencial de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio. Este volume foi maior nas plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio que naquelas com nível intermediário, as quais apresentaram maior volume que as submetidas ao menor nível de nitrogênio.

Assim, as doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais, por terem causado diminuição no volume de óleo essencial das plantas a elas submetidas.

No presente estudo, o rendimento de óleo essencial transformado para hectare, nas plantas submetidas ao menor nível de nitrogênio (210/105 mg.L⁻¹), foi igual a 141,6, 204,0 e 207,6 l/ha aos 70, 80, e 90 dias após transplante. Aos 90 dias após transplante, 75 % das plantas analisadas estavam no período de floração, não verificada nos demais tratamentos. Czepak (1995) encontrou maior produção por ano com *M. arvensis* em colheitas realizadas a cada 60 ou 70 dias. Ao realizar 6 e 5 colheitas obteve volumes de óleo iguais a 338,99 e 302,99 l/ha, respectivamente, atingindo produções próximas de 120 l/ha de

óleo entre os meses de janeiro e fevereiro. Uma das explicações para o fato é a maior frequência de cortes nos tratamentos com 60 e 70 dias. De acordo com os resultados obtidos, o momento mais adequado para o corte seria entre 80 e 90 dias, na época de verão, quando as plantas tem flores. Esses resultados concordam com os encontrados por Chiris (1925), Brilho (1969), Donalisio (1985) e Paraná (1976), que recomendam que a menta seja colhida no período de florescimento, quando se obtém as maiores produções. Withe et al (1987) na Nova Zelândia alcançaram produção de óleo igual a 114 kg/ha. Rão (1988) na Índia, verificou produções iguais a 133,7 e 162 Kg/ha. Rabak (1917) nos EUA, estudando os cultivares MAS 77 e MAS 25 de *M. Piperita* obteve maior rendimento de óleo quando as plantas atingiram o máximo de florescimento. O Instituto Agrônômico do Paraná (1978) considera normal a produtividade de óleo igual a 33 Kg/ha, por corte.

As plantas de *M. piperita* se mostraram sensíveis às maiores doses de nitrogênio uma vez que, com 263/132 e 315/158 mg/L⁻¹ de nitrogênio não apresentaram floração durante o período das avaliações, devido à provável atraso do ciclo nessas condições.

Topalov & Zhelyazkow (1991) trabalhando com *M. piperita* clone 1, na Bulgária, observaram maiores rendimentos de óleo com 50 % de florescimento. O conteúdo de mentol no óleo aumentou nas colheitas mais tardias. No presente estudo, nas colheitas do tratamento com o menor nível de nitrogênio (210/105 mg.L⁻¹) aos 70, 80 e 90 dias após o transplante atingiu-se 0, 25 e 75 % de florescimento. No entanto, o florescimento nessas plantas não foi uniforme e a tendência de rendimento de óleo e mentol foi de aumentar no transcurso das colheitas.

Tabela 21. Análise de variância e comparação entre médias de volume de óleo essencial (ml/planta) de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
65,61*	5,43*	1,01 n.s.

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*			Média
	1(70)	2(80)	3(90)	
210 / 105	1,18	1,70	1,73	1,54 A
263 / 132	0,47	0,84	0,74	0,68 B
315 / 158	0,25	0,24	0,44	0,31 C
Média	0,63	0,93	0,97	0,84

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

d.m.s. 5 %: Nível de nitrogênio = 0,28

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 nitrogênio.

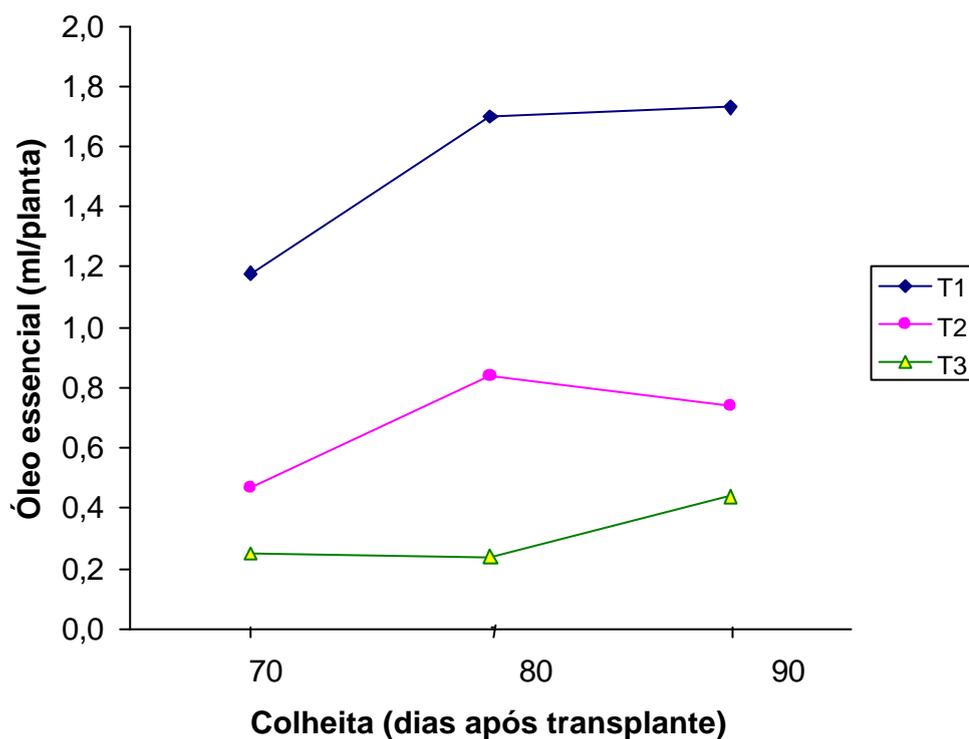


Figura 21. Óleo essencial (ml / planta) de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a.

6.21. Composição do óleo essencial

No presente estudo, no óleo essencial da menta detectou-se 27 componentes, dos quais 6 principais, segundo a abundância relativa com que ocorreram. As porcentagens das substâncias contidas no óleo da parte aérea de *M. piperita* em ordem crescente foram: alfa-pineno (0,43-0,58 %), sabineno (0,36-0,46 %), beta-pineno (0,79-1,03 %), mirceno (0,13-0,17 %), 3-octanol (traços-0,09 %), alfa-terpineno (0,13-0,14 %), para-cimeno (traços), limoneno (1,03-1,07 %), 1,8-cineol (7,85-8,74 %), cis-ocimeno (traços), não identificada (0,33-0,34 %), gama-terpineno (0,8-0,6 %), isoterpinoleno (traços), terpinoleno (0,20-0,24%), mentona (13,76-14,83%), mentofurano (12,20-15,57 %), mentol (42,54-48,04 %), não identificada (1,29-1,3 %), isomentol (0,68-0,79 %), não identificada (0,17-0,22 %), pulegone (0,65-1,27 %), neo-acetato de mentila (0,10-0,13 %), acetato de mentila (3,99-5,77 %), acetato de isomentila (0,07-0,16 %), trans-cariofileno (0,53-0,54 %), germacreno D (0,87-0,92 %) e não identificada (traços).

Rech et al. (2000) no Rio Grande do Sul, a 30 ° de Latitude Sul, identificaram 32 componentes de óleo essencial de *M. piperita* "Italo-Mitcham". Dos 98 % da fração volátil analisada, 65 % corresponderam aos monoterpenos oxigenados, ou seja 45 % de mentol % e 20 % de mentona. Entre os componentes de menor quantidade estão o 1,8-cinenol (8,1 %), isomentol (3,6 %), isomentona (3,0 %), pulegone (1,4 %), mentofurano (3,5 %) e acetato de mentila (2,3 %). Esses resultados concordam com os obtidos no presente estudo para mentol e mentona, quando as plantas foram cultivadas com o menor nível de nitrogênio (210/105 mg.L⁻¹), aos 90 dias após o transplante. Em relação ao conteúdo de mentofurano os autores observaram do mesmo material genético, cultivado a 22 ° Latitude Sul, em Campinas foi igual a 19,8 %, sendo este conteúdo mais elevado que a obtida a 22° 49' 10" de Latitude

Sul, em Botucatu, que variou entre 12,2 e 15,5 %, no presente estudo. Esta observação indica influência do ambiente na qualidade do óleo. Assim, de acordo com Rech et al (2000) na maior latitude se verificou menor conteúdo de mentofurano, condição para a melhor qualidade do óleo, nesse caso observada em Botucatu.

Maia (1994) menciona que em *M. arvensis* se detectou mais de 60 componentes no óleo essencial. O autor observou que os teores das substâncias foram dependentes de fatores ambientais e que as plantas desenvolvidas sob diferentes condições, entre elas, a nutrição mineral, podem conter óleos com características diferentes.

Burborr & Loomis (1966) mencionam que a interrupção da noite e a baixa intensidade de luz não influenciaram a composição dos terpenos em *M. piperita*.

6.21.1. Conteúdo de mentol

As tendências de variação do conteúdo de mentol de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, podem ser observadas na figura 22.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 22, revela que diferiram os conteúdos de mentol de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio. As plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio (210/105 mg.L⁻¹) apresentaram maior conteúdo de mentol que as nutridas com os maiores níveis (263/132 e 315/158 mg.L⁻¹), que não diferiram entre si. Este comportamento indica que as maiores doses de nitrogênio podem ser considerados prejudiciais, por terem diminuído o conteúdo de mentol das plantas a elas submetidas.

Maia (1994) referiu que, entre as substâncias mais afetadas pela omissão de nutrientes na solução nutritiva está o mentol.

No presente estudo, nas várias colheitas não ocorreram diferenças nos conteúdos de mentol das plantas submetidas aos diferentes tratamentos aos 70, 80 e 90 dias após transplante. Esses resultados concordam com os de Czepak (1995), que revelou não haver diferença no teor de mentol em *M. arvensis* IAC-701 entre as colheitas de 60, 70, 80, no florescimento, 90, 100 e 120 dias. No entanto, discordam dos de Topalov & Zhelyazkov (1991), que obtiveram os maiores teores de mentol quando a menta foi colhida no pleno florescimento. Por outro lado, podem estar de acordo com as observações de Withe et al.(1987) de que o teor de mentol e a maturidade da planta podem ser usados como parâmetros para a determinação do momento adequado para a colheita da menta.

Chiris (1925) observou, na França, que no início do florescimento o rendimento em mentol é mais elevado, diminuindo a seguir. Quanto mais velhas as plantas maior o teor de mentol até o florescimento, após o que seu rendimento decresce, devido a mudanças na fração de terpenos do óleo, que Rabak (1917) refere como aumento da porcentagem de ésteres.

No presente estudo, as maiores médias de teor de mentol foram verificadas para as plantas submetidas aos menores níveis de nitrogênio ($210/105 \text{ mg.L}^{-1}$) aos 70, 80 e 90 dias com 35,2, 41,78 e 44,75 %, respectivamente, que equivalem a uma produção de 36,33, 77,21 e 86,99 Kg de mentol / ha e de 103,2, 184,8 e 194,4 Kg de óleo / ha, valores superados pelos obtidos por Czepak 1995) com *M. avernensis*, que com frequências de colheita iguais a 60, 70 e 80 dias teve a produção média de mentol igual a 34,4, 38,3 e 32,6

kg / ha / corte respectivamente, indicando rendimentos inferiores apesar de os teores de mentol no óleo ocorrem em torno de 60 %.

Tabela 22. Análise de variância e comparação entre médias de mentol (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
5,63*	0,93 n.s.	0,75 n.s.

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*			Média
	1(70)	2(80)	3(90)	
210 / 105	35,20	41,78	44,75	40,58 A
263 / 132	31,02	33,46	31,33	31,94 B
315 / 158	33,30	31,42	35,26	33,33 B
Média	33,17	35,55	37,11	35,28

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

Para análise de variância, os dados foram utilizados com a transformação arc sen raiz quadrada (x/100).

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 nitrogênio.

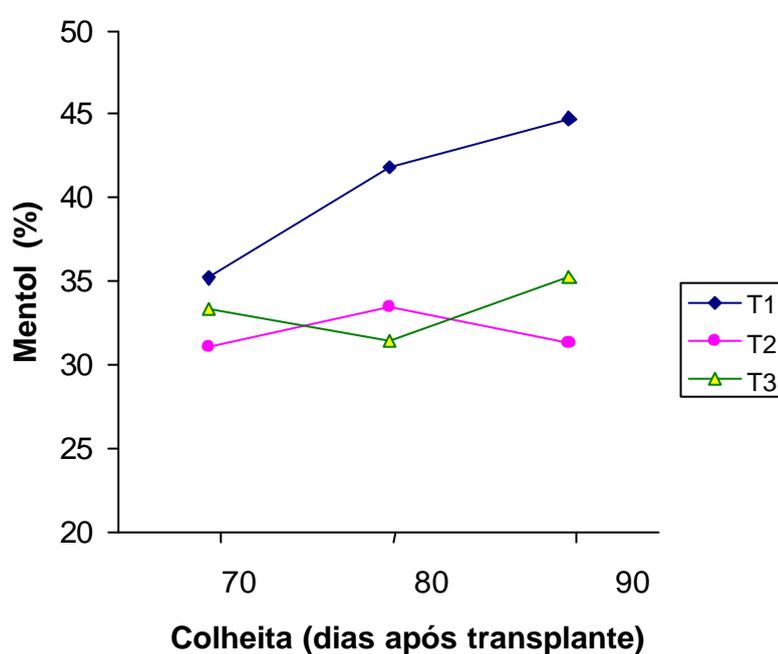


Figura 22. Mentol (%) no óleo essencial de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70,80 e 90 dias após transplante. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a.

6.21.2. Conteúdo de mentona

As tendências de variação do conteúdo de mentona de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, podem ser observadas na figura 23.

As plantas nutridas com os menores níveis de nitrogênio (210/105 e 270/135 mg.L⁻¹) apresentam os conteúdos de mentona com tendência à diminuição durante o ciclo de desenvolvimento, enquanto naquelas nutridas com o maior nível a tendência foi de discreto aumento.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 23, revela que não diferiram os conteúdos de mentona de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio.

O comportamento das plantas submetidas aos menores níveis de nitrogênio concordam com os de Lima & Mollan (1952) que verificaram que os teores de mentona diminuem de maneira constante à medida que a erva amadurece. Os ésteres e os teores de mentol, ao contrário, aumentam e depois de atingirem o máximo diminuem com principal alteração do teor de mentol livre.

O aumento do teor de ésteres e a diminuição de mentona beneficiam a qualidade da essência. Por outro lado, o mentol e a mentona por serem inibidores do crescimento de vários tipos de larvas (Kesley et al., 1984) poderiam ser também considerados.

De acordo com Lima & Mollam (1952) a *M. arvensis* IAC-701, deve ser colhida em pleno florescimento, durante um período de 3 a 4 semanas. Os teores de mentona diminuem de maneira constante à medida que a erva amadurece, concordando com os resultados obtidos no presente estudo.

Tabela 23. Análise de variância e comparação entre médias de mentona (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante.

Análise de variância (Teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
2,52 n.s.	2,45 n.s.	1,54 n.s.

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*			Média
	1(70)	2(80)	3(90)	
210 / 105	31,72	23,07	17,73	24,17
263 / 132	33,99	29,98	27,38	30,45
315 / 158	22,38	23,80	25,00	23,73
Média	29,36	25,62	23,37	26,12

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

Para análise de variância, os dados foram utilizados com a transformação arc sen raiz quadrada ($\sqrt{x/100}$).

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 nitrogênio.

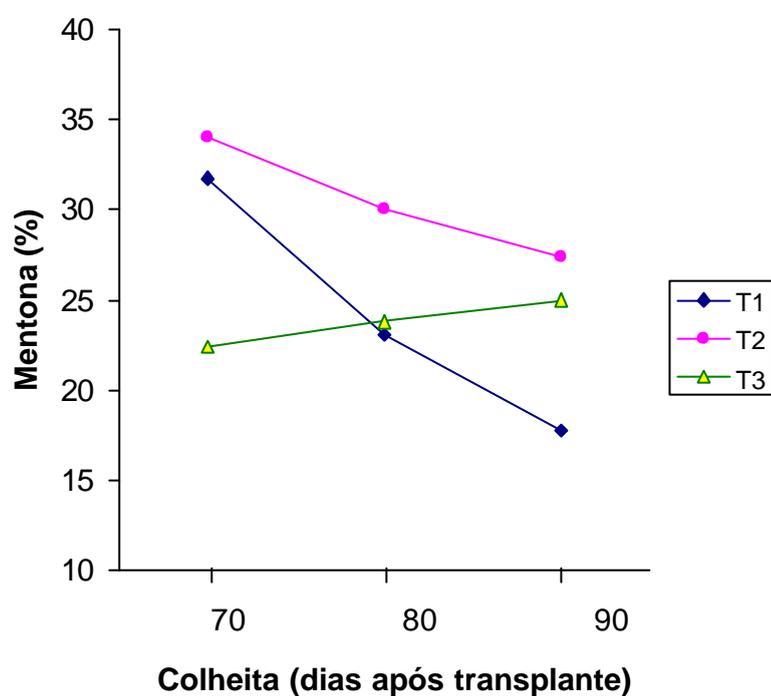


Figura 23. Mentona (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a.

6.21.3. Conteúdo de mentofurano

As tendências de variação do conteúdo de mentofurano de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, podem ser observadas na figura 24.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 24, revela que diferiram os conteúdos de mentofurano de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio. O conteúdo de mentofurano foi maior nas plantas nutridas com o nível intermediário (263/132 mg.L⁻¹) de nitrogênio e menor naquelas com o maior nível (315/158 mg.L⁻¹). Ambos os conteúdos não diferiram daqueles das plantas submetidas ao menor nível de nitrogênio (210/105 mg.L⁻¹). Isto indica que a maior dose de nitrogênio pode ser considerada menos prejudicial, por ter diminuído o conteúdo de mentofurano da parte aérea das plantas a ela submetida. No entanto, na medida em que ocorre o amadurecimento essas plantas apresentam tendência de elevar os níveis de mentofurano do óleo essencial.

O mentofurano é um componente indesejável pela ação hepatotóxica (Simões & Spitzer, 2000).

Tabela 24. Análise de variância e comparação entre médias de mentofurano (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
4,88*	8,75*	0.92 n.s.

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*			Média
	1(70)	2(80)	3(90)	
210 / 105	11,42	11,85	12,61	11,96 AB
263 / 132	11,96	12,79	14,57	13,11 A
315 / 158	9,85	10,40	13,46	11,24 B
Média	11,08	11,68	13,55	12,10

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

Para análise de variância, os dados foram utilizados com a transformação arc sen raiz quadrada ($\sqrt{x/100}$).

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 nitrogênio.

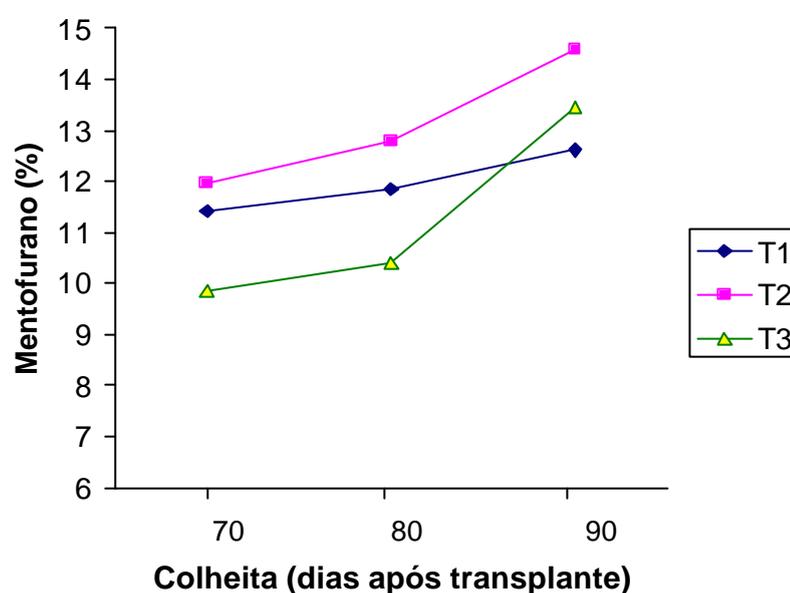


Figura 24. Mentofurano (%) no óleo essencial de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a.

6.21.4. Conteúdo de 1,8-cineol

As tendências de variação do conteúdo de 1,8-cineol de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, podem ser observadas na figura 25.

O conteúdo de 1,8-cineol das plantas submetidas aos diferentes tratamentos apresentaram tendência de aumentar com a maturidade e as nutridas com o menor nível de nitrogênio (210/105 mg. L⁻¹) apresentaram os valores mais elevados.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 25, revela que diferiram os conteúdos de 1,8-Cineol de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio. As plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio apresentaram maior conteúdo de 1,8-cineol que as submetidas aos demais tratamentos, que não diferiram entre si. Este comportamento indica que as doses maiores de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon podem ser consideradas prejudiciais por terem diminuído o conteúdo de 1,8-cineol da parte aérea das plantas a elas submetidas.

Estudos exaustivos apontaram o terpeno volátil 1,8-cineol, entre outros, como responsáveis por efeito inibidor do crescimento de outras plantas (Harborne, 1993).

Tabela 25. Análise de variância e comparação entre médias de 1,8-Cineol (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
12,13*	19,83*	1,15 n.s.

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*			Média
	1(70)	2(80)	3(90)	
210 / 105	6,04	7,60	7,68	7,11 A
263 / 132	4,78	6,07	6,47	5,77 B
315 / 158	5,40	5,81	7,18	6,13 B
Média	5,41	6,49	7,11	6,34

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

Para análise de variância, os dados foram utilizados com a transformação arc sen raiz quadrada ($\sqrt{x/100}$).

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 nitrogênio.

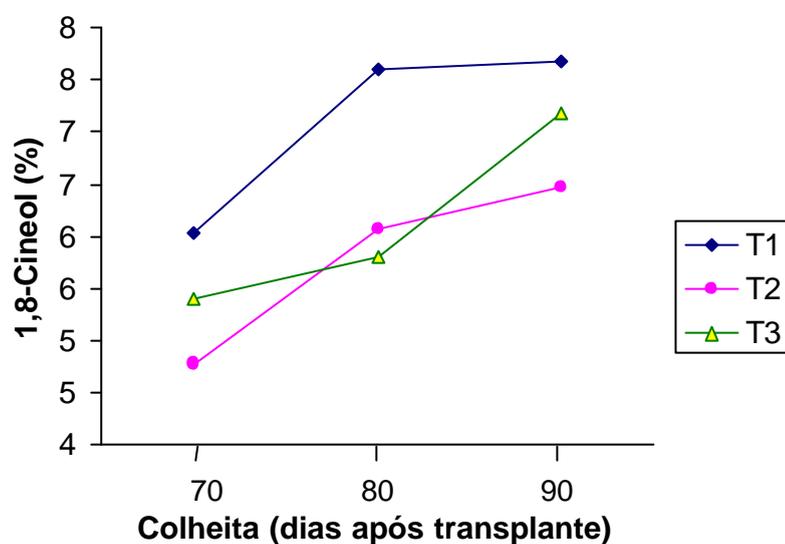


Figura 25. 1,8-Cineol (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a.

6.21.5. Conteúdo de pulegone

As tendências de variação do conteúdo de pulegone de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, podem ser observadas na figura 26.

O comportamento do conteúdo de pulegone foi diferente nas plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio. Esse conteúdo, apresentou tendência de diminuição durante o ciclo, nas plantas nutridas com o menor nível de nitrogênio (210/105 mg.L⁻¹), aumento naquelas com nível intermediário (263/132 mg.L⁻¹) e de manter-se praticamente constante nas plantas submetidas ao maior nível (315/158 mg.L⁻¹)

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observado na tabela 26, revela que diferiram os conteúdos de pulegone de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio. O maior conteúdo de pulegone foi apresentado pelas plantas nutridas com o nível intermediário de nitrogênio (263/132 mg.L⁻¹) e os menores pelas plantas submetidas aos dois outros níveis, que não diferiram entre si.

O Pulegone é um componente indesejável por 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 26. Análise de variância e comparação entre médias de pulegone (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante.

Análise de variância (Teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
7,87*	0,12 n.s.	1,35 n.s.

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*			Média
	1(70)	2(80)	3(90)	
210 / 105	2,23	1,65	1,34	1,74 B
263 / 132	2,55	3,82	3,93	3,43 A
315 / 158	1,97	2,14	2,11	2,07 B
Média	2,25	2,54	2,46	2,42

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

Para análise de variância, os dados foram utilizados com a transformação arc sen raiz quadrada ($\sqrt{x/100}$).

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 nitrogênio.

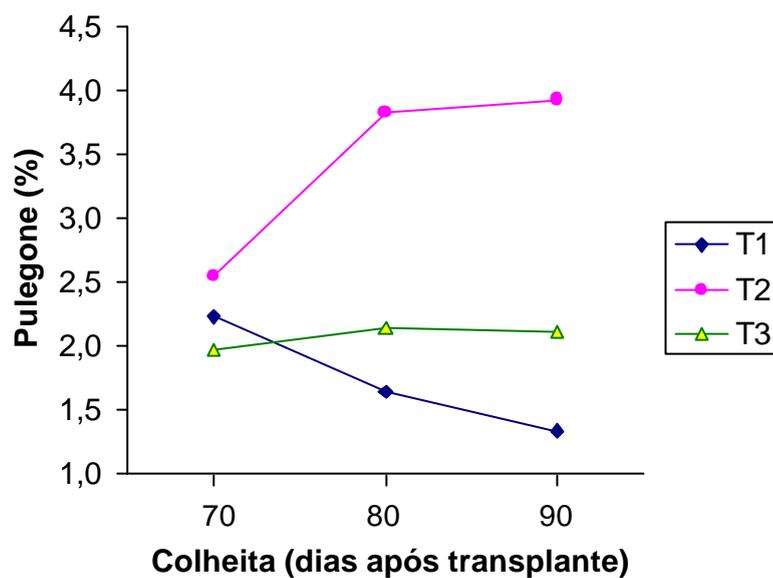


Figura 26. Pulegone (%) no óleo essencial de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a.

6.21.6. Conteúdo de acetato de mentila

As tendências de variação do conteúdo de acetato de mentila de *Mentha piperita* submetida aos diferentes níveis de nitrogênio, nas várias colheitas, cujo estudo se fará a seguir, podem ser observadas na figura 27.

O conteúdo de acetato de mentila apresentou acentuada diminuição nas plantas nutridas com o maior nível de nitrogênio, embora apresentassem os maiores valores e discreta tendência de aumento nas plantas submetidas aos demais tratamentos.

A comparação de médias entre tratamentos, que pode ser observada na tabela 27, revela que não diferiram os conteúdos de acetato de mentila de plantas submetidas aos diferentes níveis de nitrogênio na 3ª colheita. Na 1ª e 2ª colheitas foram maiores os conteúdos de acetato de mentila de plantas submetidas ao maior nível de nitrogênio (315/158 mg.L⁻¹) que os daquelas submetidas aos menores níveis (210/105 e 263/132 mg.L⁻¹), que não diferiram entre si. Assim, a maior dose de nitrogênio na solução de Hoagland & Arnon manteve os valores mais elevados do conteúdo de acetato de mentila nas plantas a ela submetida.

O nível mais elevado de nitrogênio na solução nutritiva de Hoagland & Arnon resultou em teores de acetato de mentila no óleo três a quatro vezes maiores. Considerando a tendência da diminuição com o menor nível de nitrogênio, esses resultados não concordam com os de Maia (1994), que observou que a omissão de nitrogênio na solução nutritiva fez com que os teores de acetato de mentila fossem até três vezes maiores do que no óleo das plantas que receberam a solução completa. Singh & Singh (1989) também verificaram que a diminuição da quantidade de nitrogênio fornecida dobrou a quantidade dessa substância.

Tabela 27. Análise de variância e comparação entre médias de acetato de mentila (%) no óleo essencial de *Mentha piperita* cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas várias colheitas, realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante.

Análise de variância (teste F)

Nível de Nitrogênio	Colheita	Interação (colheita x nível N)
20,66*	0,51 n.s.	3,08*

* Significância ao nível de 5 %

Comparação entre médias (teste Tukey)

Nível N (mg.L ⁻¹)**	Colheita (Dias após transplante)*			Média
	1(70)	2(80)	3(90)	
210 / 105	1,47B	2,29B	3,91A	2,56
263 / 132	4,01B	3,72B	5,16A	4,30
315 / 158	13,29A	12,63A	6,14A	10,69
Média	6,26	6,21	5,07	5,85

* Na data do transplante as mudas tinham 14 dias.

** Até 3^a colheita / 4^a colheita em diante.

Para análise de variância, os dados foram utilizados com a transformação arc sen raiz quadrada ($\sqrt{x/100}$).

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 nitrogênio.

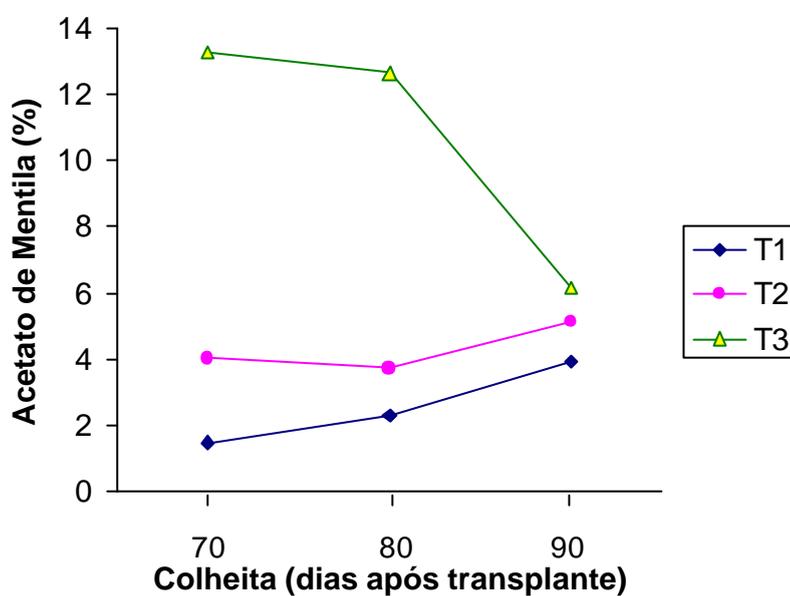


Figura 27. Acetato de mentila (%) no óleo essencial de *Mentha piperita*, cultivada em solução nutritiva com diferentes concentrações de nitrogênio, nas colheitas realizadas no mês de março, aos 70, 80 e 90 dias após transplante. T1: 210 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 105 mg.L⁻¹ a partir da 4^a; T2: 263 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 132 mg.L⁻¹ a partir da 4^a e T3: 315 mg.L⁻¹ N até 3^a colheita e 158 mg.L⁻¹ a partir da 4^a.

6.22. Considerações finais

Neste experimento, verificou-se que a *Mentha piperita* é fácil de ser cultivada em solução nutritiva e pode ser propagada em qualquer momento por divisão de estolões e hastes, conforme referido por Loewenfeld & Back (1980).

Com adição ou redução de nitrogênio na concentração normal deste elemento na solução nutritiva de Hoagland & Arnon ocorreram alterações fisiológicas com reduções de parâmetros envolvidos no desenvolvimento das plantas e na produção e qualidade do óleo essencial de *M. piperita*. Estes resultados não concordam com os obtidos por Kothari et al (1987), que verificaram melhores respostas quando elevadas doses de nitrogênio foram aplicadas no solo (150 Kg ha^{-1}) e por Khera et al. (1986), que demonstraram interações positivas entre nitrogênio e irrigação no cultivo de plantas de menta. Estas diferenças podem ser explicadas pela utilização de metodologias diferentes.

De acordo com Carballo et al. (1994) citado por Nannetti (2000), doses elevadas de nitrogênio aumentam a concentração deste nutriente na matéria seca e a massa seca total em pimentão fertirrigado. Esses resultados estão em discordância com os obtidos no presente estudo com *M. piperita*, em que a maior dose de nitrogênio na solução levou a menor massa seca total. Estas diferenças talvez possam ser explicadas por metodologia, dosagens e espécies diferentes utilizadas nos referidos estudos.

Rezende (2000) observou maior conteúdo de nitrato na alface hidropônica que naquela produzida no solo. O autor acrescenta que NO_3^- e NO_2^- , do ponto de vista toxicológico, uma vez ingeridos, contribuem para formação endógena de N-nitrosaminas, composto com potencial cancerígeno e capacidade de transformar a

hemoglobina do sangue em ferriemoglobina, processo que leva ao impedimento de transporte de oxigênio dos alvéolos pulmonares para os tecidos. Além disso, menciona que as plantas acumulam parte do nitrato em condições de baixa intensidade luminosa e com o uso excessivo de fertilizantes químicos.

¹Rodrigues (2001) refere que quando é elevada a concentração de NO_3^- no meio de cultivo, ocorre acúmulo de NO_3^- e NO_2^- nas folhas, causando toxidez nas plantas (comunicação pessoal).

The Edwards Laboratory (s.d.) refere que nitratos, nitritos e outros íons podem ser tóxicos para as plantas quando presentes em elevadas concentrações e menciona que as raízes pouco profundas podem absorver nutrientes em grandes quantidades do meio, em curto período de tempo, o que é possível ter ocorrido com a *M. piperita*, no presente estudo.

Sessenta e seis dias após o transplante aparecem os primórdios florais e a partir de 70 dias teve início a floração apenas no tratamento em que a menor dose de nitrogênio foi utilizada, que se prolongou até mais de 98 dias, afetada possivelmente por fatores genéticos e de manejo da cultura.

Análises químicas periódicas da solução e das plantas poderiam dar informações a respeito dos nutrientes disponíveis para a planta e da presença de elementos tóxicos. Ao se considerar a Lei Liebig em que qualquer fator de produção quando em excesso,

¹João Domingos Rodrigues. Comunicação pessoal, 2001. (Professor de Fisiologia Vegetal na UNESP- Botucatu - SP).

tende a não aumentá-la e sim a diminuí-la, os nutrientes disponíveis devem ocorrer em quantidades satisfatórias para o desenvolvimento normal das plantas e não em quantidades insuficientes ou excessivas.

As plantas tratadas com o nível de nitrogênio preconizado para a solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon apresentaram maior desenvolvimento, com maior crescimento de folhas, hastes, estolões e raízes e ocorrência de floração.

Quando o nitrogênio da solução de Hoagland & Arnon foi aumentado em 25 e 50 % não houve floração e as plantas apresentaram menor desenvolvimento, folhas com sinais mais visíveis de toxidez, apresentando cor verde mais intenso, que rapidamente se tornavam verdes- amareladas e também espessamento das folhas mais velhas, com aparições de manchas escuras nas superfícies e bordos com maior queda. As folhas novas ficaram menores, foram verificadas brotações laterais de hastes, raízes e estolões em menores proporções. As raízes apresentaram-se com menor comprimento, mais delgadas e fracas. Houve menor produção de óleo e prejuízo de sua composição e qualidade. Esses resultados estão em concordância com os de Carcinelli et al. (2000), para cenoura, que verificaram reduções na produção para as maiores doses de nitrogênio, como consequência do efeito tóxico do amônio, em condições de baixa taxa de nitrificação e baixa temperatura, ou devido ao efeito indireto do amônio, reduzindo a absorção de outros cátions, por exercer forte efeito competitivo sobre K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} de tal forma que, a absorção destes pela planta foi reduzida.

O excesso de nitrogênio na solução nutritiva ao longo do ciclo, aos 70, 80 e 90 dias, teve efeito sobre as substâncias estudadas em *M. piperita*, diminuindo os teores de mentol e de 1-8 cineol, aumentando os teores de pulegone e de acetato de mentila, e por

fim, não apresentando efeito sobre a mentona. Os efeitos sobre o mentofurano variaram. Maia (1994) estudando a omissão de nutrientes na solução nutritiva, preparada de acordo com Sarruge (1975) em *M. arvensis* verificou efeito sobre os teores de mentol, limoneno e mentona, que diminuíram e sobre o acetato de mentila, que aumentou .

As alterações das proporções de mentol, mentofurano, 1,8-cineol, pulegone e acetato de mentila no óleo essencial de *M. piperita* pelos níveis excessivos de nitrogênio na solução, estão de acordo com os relatos de Maia (1994) de que as soluções nutritivas podem ser utilizadas para a obtenção de óleos com proporções diferentes desses metabólitos.

No presente estudo, o excesso de nitrogênio reduziu a produção de massa fresca de parte aérea.

Desse modo, pode ser muito adequado o estudo de uma solução para o cultivo de menta para a obtenção de características especiais para a comercialização, como por exemplo a qualidade do óleo.

Nesse sentido, deve ser considerado o risco de super dosagens de fertilizantes, no verão, devendo portanto evitar adicionar mais nutrientes do que a cultura possa tolerar.

Rech et al. (2000) referem um levantamento dos custos de produção de massa verde e de óleo de menta (*M. piperita*). O preço médio de óleo / Kg é igual a R\$ 10,00, no atacado e R\$ 40,00, no varejo, o que seria equivalente a R\$ 1944,00 / ha no atacado e R\$ 7776,00 / ha no varejo, considerando uma produção de 194,4 Kg de óleo / ha, na colheita realizada no presente estudo, aos 90 dias.

Considerando que o Brasil importa 60 t/ano de óleo de *M. piperita*, equivalentes a 1000 ha de área cultivada, no sistema tradicional, o uso de solução nutritiva para uma só colheita / ano necessitaria de 308,6 ha, ou seja, um terço da área exigida para o cultivo tradicional, o que indica maior rendimento das plantas em cultivo hidropônico. Arizio (2000) avaliando as importações de essências e oleoresinas do mercado europeu no quinquênio 93/98 referiu que 12,6 % correspondem às de *M. piperita*, mostrando um potencial de mercado para este produto.

Os resultados obtidos neste experimento indicam que a *M. piperita* pode ser cultivada em soluções nutritivas. No entanto, a adoção desta técnica só deve ser feita após um estudo de viabilidade econômica, pois implicará um gasto maior na fase de instalação da infra-estrutura. Cumpre ressaltar que a aeração das raízes das plantas deve ser contínua pois a menta mostrou-se muito sensível a falta de oxigenação na solução nutritiva.

Por outro lado, deve ser registrado que a variação dos níveis de nutrientes na solução nutritiva pode levar à alteração da composição do óleo essencial, o que dependendo da situação poderá ter importância para a qualidade do mesmo.

Considerando o aspecto nutricional, as observações realizadas fornecem subsídios para se pesquisar uma solução nutritiva cuja composição e balanceamento de nutrientes seja mais adequada ao desenvolvimento e produção de plantas de menta.

Por fim, cumpre referir que esperava-se aumento de desempenho do vegetal submetido aos maiores níveis de nitrogênio. No entanto, verificou-se comportamento contrário, que talvez, possa ser explicado pelos níveis super estimados de macronutrientes, entre eles do nitrogênio, proporcionados pela solução nutritiva de Hoagland & Arnon (1950),

conforme as observações de Ruiz (1997). Também deve ser considerada a sensibilidade da menta revelada a esses níveis de nitrogênio utilizados.

5 CONCLUSÕES

O presente estudo de menta (*Mentha piperita*), cultivada em solução nutritiva com variação dos níveis de nitrogênio, permitiu concluir que:

- 1 - Os níveis mais elevados de nitrogênio interferiram com o desenvolvimento das plantas e com a produção e qualidade do óleo essencial.
- 2 - As plantas submetidas aos maiores níveis de nitrogênio apresentaram diminuição do comprimento da parte aérea, do número de folhas, da área foliar, da massa fresca de caules, folhas, parte aérea, raízes e total e da massa seca de caules, folhas, parte aérea, e total.
- 3 - O comportamento da razão de área foliar, área foliar específica, taxa assimilatória líquida e taxa de crescimento relativo de plantas nutridas com o maior nível de nitrogênio foi diferente daquele apresentado pelas demais plantas, trazendo prejuízo para as mesmas.
- 4 - O volume de óleo essencial extraído foi menor nas plantas submetidas aos maiores níveis de nitrogênio.

5 - A composição do óleo essencial foi alterada quando as plantas foram nutridas com os maiores níveis de nitrogênio, diminuindo sua qualidade.

6 - As observações realizadas fornecem subsídios para se pesquisar uma solução nutritiva cuja composição e balanceamento de nutrientes seja mais adequada ao desenvolvimento e produção de plantas de menta.

5. BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, R.P. *Identificación of essential Oil Components by Gas Cromatography/Mass Spectroscopy*, Illinois: Allued Publ. Corp, 468p. 1995.
- ADDOR, R.W. Insecticida. In: GODFREY, C.R.A. (Ed.). *Agrochemicals from natural products*. New york, Marcel Dekker, 1994, p.1.
- AGUIAR NETTO, A.O. *Crescimento e produtividade da cultura da batata (Solanum tuberosum ssp tuberosum) cultivar Aracy, submetida a diferentes lâminas de irrigação*. 1997. 87p. Tese (Doutorado em Agronomia/Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.
- ARAUJO, M.P. *Contribuição ao estudo das propriedades físico-químicas do óleo da mentha arvensis cultivada no Paraná*. Curitiba: UFPR, 1966. 98p. (Mestrado Universidade Federal do Paraná).

- ARIZIO, O. Análisis de las importaciones de esencias y oleorresinas del mercado europeo en los finales del siglo XX. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40.; CONGRESSO IBERO – AMERICANO SOBRE UTILIZAÇÃO DE PLÁSTICO NA AGRICULTURA, 2.; SIMPÓSIO LATINO – AMERICANO DE PRODUÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES, 1., 2000, São Pedro, SP. *Suplemento ... Brasília: SOB/FCAV – UNESP, v. 18, 2000. p.871-872.*
- BENINCASA, M.M.P. *Análise de crescimento de plantas*. Jaboticabal, FUNEP, 42 P., 1988.
- BOARO, C.S.F. *Influência da variação dos níveis de magnésio sobre o desenvolvimento do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L. cv. Carioca), em cultivo hidropônico*. Botucatu, 1986. 163 p. Dissertação (Mestrado em Biologia/Botânica) – Instituto de Biologia Médica e Agrícola, Universidade Estadual Paulista.
- BOARO, C.S.F., RODRIGUES, J.D., PEDRAS, J.F., RODRIGUES, S.D., DELACHIAVE, M.E.A., ONO, E.O. Avaliação do crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Carioca) sob diferentes níveis de magnésio. *Biotemas*, v.9, p. 15 – 28, 1996.
- BRILHO, R.C. *Menta*. Campinas. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1969. 34p.
- BRITTEN, E.J., BASFORD, K.E. The effect of temperature on growth, oil yield and oil quality of japanese mint. *Annals of Botany*. Bangkok, v.58, n.5, p.729 –736, 1986.
- BURBOTT, A.J., LOOMIS, W.D. Effects of light and temperature on the monoterpenes of peppermint. *Plant physiology*. Corvallis, v. 42, p. 20 – 28, 1966.
- CARCINELLI, J.H.A., PEREIRA, P.R.G., FONTES, P.C.R., CAMARGOS, M.I. Índices de nitrogênio na planta relacionados com a produção comercial de cenoura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40.; CONGRESSO IBERO –

- AMERICANO SOBRE UTILIZAÇÃO DE PLÁSTICO NA AGRICULTURA, 2.; SIMPÓSIO LATINO – AMERICANO DE PRODUÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES, 1., 2000, São Pedro, SP. *Suplemento...* Brasília: SOB/FCAV – UNESP, v. 18, 2000. p808.
- CARMELLO, Q.A.C. Hidroponia. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, 1992, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz” – CENA, 1992, p. 355–368.
- CHARLES, D.J., JOLY, R.J., SIMON, J.E. Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. *Phytochemistry*, Oxford, 29 (9): 2837-40, 1990.
- CHIRIS, E.A. The cultivation of mints. *Parfums de France*, Mitcham, V. 19, p. 151-159, 1925.
- CLARK, G.S. Mentone. *Perfumer & Flavorist*, Wheaton, 19: 41- 45, May / June. 1994.
- CONGRESS OF ESSENTIAL OILS, 7. Kyoto,1977. *Proceedings*. Kyoto, japan 1977. p. 143-5.
- CORRÊA, C.J., MING, L.C., SCHEFFER, M.C. *Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas*. 2 ed. Jaboticabal, FUNEP, 1994. 162p.
- CZEPAK, M.P. Produção de óleo Bruto e Mentol Cristalizável em oito frequências de colheita da menta (*Mentha arvensis* L). In: MING. L.C. (Coord.) ...[et al.]; *Plantas Mediciniais, aromáticas e condimentares, avanços na pesquisa agronômica*. UNESP-Botucatu, v.2, 1998. p.53-80.
- CHARLES, D.J., JOLY, R.J., SIMON, J.E. Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint . *Phytocheemistry*, 29 (9): 2837-40. 1990.

- DANTAS, J.P., BERGAMIN FILHO, H., MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijão macassar (*Vigna sinensis* (L.) Endl.), IV. Exigências de macro e micronutrientes. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, São Paulo, v. 36, p. 425 – 433, 1979.
- DONALÍSIO, M.G.R., PINTO, A.J.D., SOUZA, C.J. Variação na resistência a ferrugem e na composição do óleo essencial de dois classes de menta. *Bragantia*, Campinas, 4(2): 541-7. 1985.
- DUHAN, S.P.S., SINGH, V.P., BHATTACHRYA, A.K., HUSAIN, A. Response of japonese mint (*Mentha arvensis* L.) To different irrigation Schedules. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ESSENTIAL OILS, 7. Kyoto, 1977. *Proceedings*. Kyoto, Japan Flavor and Fragrance Manufactores Association, 1977. p.143-5.
- ENGLER, A. *Syllabus der Pflanzenfamilien*. Nicolassen, Berlim, 1(9):36-38, 1964.
- FAROOQI, A.H.A., MISRA, A. Effect of micronutrients on oil content and plant growth in *Mentha arvensis* L. var. *piperascens* Mal. *Indian Journal of Plant Physiology*, New Delhi 26 (2): 230-3, June. 1983.
- FISCHER, G., BUSSLER, W. Mikrosymptome des Bor – mangels an *Mentha piperita* L. *Z Pflanzenernachr. Bodenk*, 147: 13 – 20, 1984.
- FISCHER, G., HECHT-BUCHHOLZ, C. The influence of boron deficiency on glandular scale development and structure in *Mentha piperita*. *Planta Medica*, Stuttgart 5 :371 – 377, 1985.
- FURLANI, P.R., SILVEIRA, L.C.P., BOLONHEZI, D., FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. Boletim técnico n. 180, *Instituto Agrônômico Campinas*, p. 1–52, 1999.

- GALLINO, M., SACCO, T. Due linee clonai di mentha x verticillata ricche in carvone. *Essenze Derivati Agrumari*, v. 60, n.3, lug. – Set. 1990.
- GIACOMETTI, D.C. *Ervas condimentares e especiarias*. São Paulo. Novel. 158 p. 1989.
- GUENTHER, E. *The essential oils*. New York, D . Van Nostrand. 3v. : Individual essential oils of the plant familias Rutaceae and Labiatae, 1949. 777p.
- HARBORNE, J.B. *Ecological biochemistry*. 4. Ed. London Academic, 1993.
- HERALTH, H.M.W., IRUTHAYATHAS, E.E., OKMROD, D.P. Temperature effects on essential oil composition of Citronella selections. *Economic Botany*, New York, 33 (4) : 425-30, 1979.
- HOAGLAND, D.R., ARNON, D.I. *The water – culture method for growing plants without soil*. Berkeley: California Agricultural Experiment Station, 1950. 32p. (Circ. Coll. Agric. Univ. Calif., 347).
- HUTERWALL. *Hidroponía, Cultivo de plantas sin tierra*. Edit. Albatros. Buenos Aires. 251-p. 1986.
- IAPAR. FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONOMICO DO PARANA. *Manual Agropecuário para o Paraná* . Londrina, 1978. 741p.
- KESLEY, R.G., REYNOLDS, G.W., RODRIGUEZ, E. The chemistry of biologically ative constituents secreted and stored in plant glandular trichomes. In: RODRIGUEZ, E., HEALEY, P.L. *Biology and chemistri of plant trichomes*. New York. Plenum, 1984. p394.
- KHERA, K.L., SINGH, B., SANDHU, B.S., AUJLA, T.S. Response of japanese mint to nitrogen, irrigati3n and straw mulching on a sandy-loam solil of Punjab. *Indian journal of Agricultural Sciencies*. New Delhi, 56(6). 434-8, June, 1986.

- KIEFER, H. Exploração de plantas aromáticas e óleos essenciais. In: SIMPOSIO DE OLEOS ESSENCIAIS , 1., São Paulo, 1985. *Anais*. Campinas, Fundação Cargill, 1986 p. 15-20.
- KOTHARI, S.K., SINGH, V., SHINGH, K. Response of mint (*Mentha arvensis*) to varying levels of nitrogen application in Uttar Pradesh foot-hills. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, 57 (11): 795-800, Nov. 1987 .
- LEE, S., ARNOFF, S. Boron in plants: a biochemical role. *Science*, Washington, 158; 798-799, 1967.
- LIMA, A.R., MOLLAN, T.R.M. Nova variedade de *Mentha arvensis* L. *Bragantia* , Campinas 12 : 277-84. 1952.
- LOEWENFELF, C., BACK, F. *Guía de las Hierbas y especias*. Ediciones Omega, S.A. Casavova,220. Barcelona-36. 213-215. 1980.
- MCLAFFERTY, F.W., STAUFFER, D. The Wiley / NBS Registry of Mass Spectral Data, New York: *John Wiley Sons*, v. 1 e 2. 1989.
- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa de crescimento. In: Ferri, M.G. (Coord.) *Fisiologia Vegetal 1*. EDUSP: São Paulo, 1985. p. 331 – 50.
- 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. (Coord.) ...[et al.]; *Plantas Medicinais, aromáticas e condimentares, avanços na pesquisa agronômica*. UNESP-Botucatu, v.2, 1998. p.81-95.
- MARSHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 1995.
- MARULANDA, C. *La Huerta Hidroponica Popular*, FAO. Curso Audio visual. 45 p. 1996.

- MELLO, F.A.F., SOBRINHO, M. O.C.B., ARZOLLA, S., SILVEIRA, R.I., NETTO A.C. KIEHL, J.C. *Fertilidade do solo*. 3.ed. Piracicaba:Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz" USP, 1989. P.17-18.
- MILTHORPE, F.L., MOORBY, J. *A introduction to crop physiology*. Cambridge: Cambridge University, 1974. 201 p.
- MISRA, A. Ultrastructural changes in mesophyll chloroplast of japanese mint (*Mentha arvensis* L.) under the disorder of iron nutrition. *Photosynthetica Praha*, 24 (1) : 163- 167, 1990.
- MISRA, A., SHARMA, S. Critical concentration of iron in relation to essential oil yield and quality parameters of japanese mint. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, 37 (2) : 185-92, 1991.
- MORAES, J.L.A. Potencial de mercado para óleos essenciais de mercado para óleos essenciais de oito ervas medicinais, aromáticas e/ou condimentares (MACs). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40.; CONGRESO IBERO – AMERICANO SOBRE UTILIZAÇÃO DE PLÁSTICO NA AGRICULTURA, 2.; SIMPÓSIO LATINO – AMERICANO DE PRODUÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES, 1., 2000, São Pedro, SP. *Suplemento...* Brasília: SOB/FCAV – UNESP, v. 18, 2000. p.923-925.
- NAIR, A.K., SUBRAMANYAM, K., VERMA, B.S., SING, D.H. Effect of level of fertility iron and zinc on herbage yield and menthol content of japanese mit. (*Mentha arvensis* subsp.haplocalyx var. piperascens). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi. 61 (8): 599 – 600, Aug. 1991.

- NANNETTI, D.C., SOUSA, R.J., FAQUIN V. Efeito da aplicação de nitrogênio e potássio, via fertirrigação, na cultura do pimentão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40.; CONGRESO IBERO – AMERICANO SOBRE UTILIZAÇÃO DE PLÁSTICO NA AGRICULTURA, 2.; SIMPÓSIO LATINO – AMERICANO DE PRODUÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES, 1., 2000, São Pedro, SP. *Suplemento...* Brasília: SOB/FCAV – UNESP, v. 18, 2000. p.843-844.
- PARANÁ. SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA – DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL. *Aspectos da cultura da menta no Paraná*. Curitiba, 1976, 22 p.
- PARANÁ. SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA – DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL. *Aspectos da cultura da menta no Paraná*. Curitiba, 1978. 39p.
- PEREIRA, A.R., MACHADO, E.C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. *Bol. do Inst. Agron.*, Campinas, n. 14, 1 – 33 p., 1987.
- PORTES, T.A., CASTRO JUNIOR, L.G. Análise de crescimento de plantas: Um programa computacional auxiliar. *Rv. Bras. Fisiol. Veg.*, v.3, p. 53-6, 1991.
- RABAK, F. The effect of cultural and climatic condition on the yield and quality of peppermint oil. *Bulletin Plant Industry*. Washington, 80 : 450-454, 1917.
- RADFORD, P.S. Growth analysis formula; their use and abuse. *Crop sci.*, v.7, p. 171 – 175, 1967.
- RAM, M., YADAV, R.L., CHATTEJEE, B.N., SINGH, D.V. Relative efficacy of nitrogen – carriers at different rates and times of application on growth and yield of japanese mint

- (*Mentha arvensis*) . *Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Delhi, 59 (4): 236-41, Apr. 1989.
- RAO, B.R.R. Production potential of improved genotypes of japanese mint in Andhra - Pradesh . *Bulletin Central Institute of Medicinal e Aromatic Plants*. Andhra - Pradesh, 32: 147 - 152, 1988.
- RECH, J.C., FRIZZO, C.D., SERAFINI, L.A., MOYNA, P., LORENZO, D., DELLA CASSA, E. Composição química do óleo essencial de menta (Italo – Mitcham) cultivada no sul do Brasil e no Uruguai. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40.; CONGRESO IBERO – AMERICANO SOBRE UTILIZAÇÃO DE PLÁSTICO NA AGRICULTURA, 2.; SIMPÓSIO LATINO – AMERICANO DE PRODUÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES, 1., 2000, São Pedro, SP. *Suplemento...* Brasília: SOB/FCAV – UNESP, v. 18, 2000. p.1008-1009.
- RESH, H.M. *Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción*. Madrid: Mundi Prensa. 1997. 506 p.
- REZENDE, A.J., JUNQUIRA, A.M.R., XIMENES, M.I.N., BORGIO, L.A. Teor de nitrato em alface produzida em sistema hidropônico e sistema convencional em Brasília – DF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40.; CONGRESO IBERO – AMERICANO SOBRE UTILIZAÇÃO DE PLÁSTICO NA AGRICULTURA, 2.; SIMPÓSIO LATINO – AMERICANO DE PRODUÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES, 1., 2000, São Pedro, SP. *Suplemento...* Brasília: SOB/FCAV – UNESP, v. 18, 2000. P.533-534.
- RODRIGUES, F.A., FONTES,P.C.R., PEREIRA, P.R.G, MARTINEZ H.E.P. Crescimento e teor crítico de N-NO₃ na seiva da Batateira cultivado em solução nutritiva. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40.; CONGRESO IBERO – AMERICANO SOBRE UTILIZAÇÃO DE PLÁSTICO NA AGRICULTURA, 2.; SIMPÓSIO LATINO – AMERICANO DE PRODUÇÃO DE PLANTAS MEDICINAIS, AROMÁTICAS E CONDIMENTARES, 1., 2000, São Pedro, SP. *Suplemento...* Brasília: SOB/FCAV – UNESP, v. 18, 2000. p.766-767.

RODRIGUES, J.D. *Influência de diferentes níveis de cálcio, sobre o desenvolvimento de plantas de estilosantes (Stylosanthes guyanensis (Aubl.) Swartz cv. Cook), em cultivo hidropônico.* Botucatu, 1990. 180 p. Tese (Livre Docência/Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.

RODRIGUES, S.D. *Análise de crescimento de plantas de soja (Glycine max (L.) Merrill) submetidas à carências nutricionais.* Rio Claro, 1982. 154p. Dissertação (Mestrado em Biologia/Biologia Vegetal) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.

RUIZ, H.A. Relações molares de macronutrientes em tecidos vegetais como base para a formulação de soluções nutritivas. *Rev. Ceres*, v.44, p.533 – 46, 1997.

SACCO T. Comportamento della *Mentha piperita* (Italo – Mitcham) al fotoperiodismo del 22° Lat. Sud (Brasile). *Essenze – Derivati Agrumari*, v.3, p.535-539, 1987.

SACCO, T. Ricerche sul comportamento della *Mentha piperita* Huds. “Italo Mitcham” in Rio Grande do Sul, Brasile. *Riv. Ital. Essenze, Profumi, Piant. Offic.* Febbraio 1978.

SANTOS, C.H. *Influencia de diferentes níveis de alumínio no desenvolvimento de dois porta enxertos cítricos em cultivo hidropônico.* Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista – Botucatu. 108 p. 1998.

- SANTOS, S.R. Menta. In: FURLANI, A.M.C., VIEGAS, G.P. ed. *O melhoramento genético de plantas no Instituto Agronômico*. 19 ed. Campinas, Instituto Agronômico, 1993. Cap. 9, p 355 - 62.
- SANTOS FILHO, B.G. et al. Análise de crescimento de duas linhagens de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em Pelotas (RS). In: SEMINÁRIO DE PESQUISA DE LSOJA, 1, 1979, Londrina. *Anais...* Londrina: IB/UNESP, p. 348-61.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas . *Summa Phytopathologica*, Piracicaba, 1 (3) : 231 – 3, 1975.
- SAS. The Statistical Analysis System – release 6.12 ed. USA: SAS Institute Inc., 1996.
- SHAH, S.C., GUPTA, L.K. Response of *Mentha* species to different harvesting intervals. *Progressive Horticulture*, Almora, 21: 148-150, 1989.
- SILVA, A.A. *Parâmetros biométricos e fisiológicos do crescimento de plantas de arroz (Oryza sativa L)*. Botucatu, 1992. 132p. Dissertação (Mestrado em Biologia/Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- SIMOES, C.M.O., SPITZER VOLKER. Óleos voláteis. In: SIMOES. C. M. O., ... [et al.]. *Farmacognosia. Da planta ao medicamento*. 2 ed. Universidade UFRGS –UFSC, 2000. p394-412.
- SINGH, S.P., CHAND, L., NEGRI, S., SINGH, A.K. Antibacterial and antifungal activities of *Mentha arvensis* essential oil. *Fitoterapia*, Milano, 63 (1) : 76-80, 1992.
- SINGH, J.N., SINGH, D.P. Effect of phosphorus deficiency on carbohydrate metabolism of *Mentha arvensis*. *Physiologia Plantarum, Copenagen*, 21: 1341 – 1347, 1968.
- SINGH, V.P., SINGH, D.V. Accumulation pattern of chemical constituents in mentha species with advance of crop age na nitrogen level. In: INTERNATIONAL

- SYMPOSIUM ON MEDICINAL AROMATIC AND SPICES PLANTS, 5., Darjeeling, 1985. *Acta Horticulturae*, Wageningen, 188A: 187-9, 1989.
- SINHA, N.C., SINGH, J.N. Studies in the mineral nutrition of japanese mint; II. Influence of potassium deficiency metabolism, respiration rate and essential oil content. *Plant an Soil*, the Hague, 79 (1): 51 – 9, 1984.
- SÍVORI, E., MONTALDI, E., CASO, O. *Fisiología Vegetal*. Buenos Aires: Emisferio Sur S.A., 1980. p.245-284.
- SONNEVELD, C., VOOGT, W., TATTINI, M. The concentration of nutrients for growing *Anthurium andreanum* in substrate. *Acta Horticulturae*, v. 342, p. 61-67, 1993.
- STAFF, H. Hidroponia. SEBRAE-MT- *Coleção Agroindústria*, v. II, 101 p., 1998.
- SUBRAHMANYAM, K., NAIR, A.K., CHATTOPADHYAY, A., SINGH, D. Effect of zinc on yield, quality and nutrient composition of japanese mint and availability of nutrients in soil. *Journal of the Indian Society Soil Science*, New Delhi, 39: 399 –401, 1991.
- TEIXEIRA, N.T. *Hidroponia: Uma alternativa para pequenas áreas*. Porto Alegre – RS: Livraria e Editora Agropecuaria, 1996. 86p.
- THE EDWARDS LABORATORY. Simplex soil test outfit. Ohio. (s.d.)
- TOPALOV, V., ZHELYAZKOU, 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.
- WHITE, J.G.H., ISKANDAR, S.H., BARNES, M.F. Peppermint effect of time of harvesting on yield and quality of oil. New Zealand. *Journal of Experimental Agriculture*, Canterbury, v.15, p.73-79, 1987.

ZAR, J.H. *Biostatistical analysis*. 2 ed. Englewood Cliffs: Prentice – Hall International Editions, 1986. 718p.