

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Manejo da fertirrigação na cultura do meloeiro mediante o controle de íons da solução do solo

Manoel Januário da Silva Júnior

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Irrigação e Drenagem

**Piracicaba
2008**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Manoel Januário da Silva Júnior
Engenheiro Agrônomo

**Manejo da fertirrigação na cultura do meloeiro mediante o controle de íons da
solução do solo**

Orientador:
Prof. Dr. **SERGIO NASCIMENTO DUARTE**

**Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Agronomia. Área de concentração: Irrigação e
Drenagem**

**Piracicaba
2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Silva Júnior, Manoel Januário

Manejo da fertirrigação na cultura do meloeiro mediante o controle de íons da
solução do solo / Manoel Januário da Silva Júnior. - - Piracicaba, 2008.
114 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Fertilizantes 2. Fertirrigação 3. Íons 4. Melão 5. Nitrogênio 6. Potássio I.
Título

CDD 635.61
S586m

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais, que me conceberam, me criaram e me orientaram para os estudos, especialmente, à minha Mãe que todos os dias pede a Deus para iluminar a minha vida.

DEDICO

À minha esposa Janáina pela dedicação, incentivo e amor, até mesmo no período de distância, e a sua família pela confiança depositada.

Às minhas irmãs que sempre lutaram por mim e aos meus sobrinhos pela alegria ao me encontrarem.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, pela força espiritual em todos os momentos de minha vida;

Ao programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, pela oportunidade de realização deste curso;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPEs e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pelo incentivo financeiro na forma de Bolsa de estudos;

A todos os professores do Curso, em especial a Sergio Nascimento Duarte pela valiosa orientação. Também, aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural pela presteza e amizade;

A Universidade Federal Rural do Semi-árido-UFERSA pela concessão de infraestrutura para realização da pesquisa, ao pesquisador Dr. José Francismar de Medeiros e ao professor Dr. Indalécio Dutra por terem dispensado tempo durante a execução dos trabalhos;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pelo financiamento do projeto de pesquisa que deu origem a este trabalho;

Aos estudantes da UFERSA, bolsistas ou estagiários, que contribuíram durante a realização das atividades experimentais, em especial ao Mestrando Francisco (thikão) e ao graduando Charles;

Aos colegas de trabalho no Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária-INCRA no Rio Grande do Norte, que me deram apoio para conclusão do curso;

Aos colegas de curso, de turma e da república em Piracicaba, pelo apoio em todos os momentos de alegria, tristeza, pressão, ansiedade, etc.;

Finalmente, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que fosse chegado esse momento.

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	12
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABELAS	9
1 INTRODUÇÃO	13
2 DESENVOLVIMENTO	16
2.1 Revisão bibliográfica	16
2.1.1 A fertirrigação	16
2.1.2 A cultura do meloeiro	19
2.1.3 O papel do nitrogênio e do potássio no meloeiro	20
2.1.4 Irrigação e fertirrigação no meloeiro	22
2.1.5 Tensiômetros e extratores de cápsula porosa.....	24
2.1.6 Extração da solução do solo	25
2.1.7 Análise da solução do solo.....	27
2.2 Material e Métodos	28
2.2.1 Caracterização do estudo.....	28
2.2.2 Caracterização do local experimental	29
2.2.3 Tratamentos e delineamento experimental	30
2.2.4 Curvas de retenção e de calibração dos tratamentos	33
2.2.5 Condução dos experimentos.....	37
2.2.6 Parâmetros avaliados.....	44
2.2.7 Análise dos dados	46
2.3 Resultados e Discussão	47
2.3.1 Manejo da irrigação.....	47
2.3.1.1 Solo arenoso	47
2.3.1.2 Solo argiloso.....	50
2.3.2 Desenvolvimento vegetativo da cultura	52

2.3.2.1 Solo arenoso	52
2.3.2.2 Solo argiloso.....	62
2.3.3 Produção e componentes da produção.....	72
2.4.4 Qualidade da produção	75
3 CONCLUSÕES	82
REFERÊNCIAS.....	84
ANEXOS	93
APÊNDICES.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização do Estado do Rio Grande do Norte e do município de Mossoró	30
Figura 2 - Casa de vegetação onde foram realizados os experimentos.....	30
Figura 3 - Combinação dos níveis dos fatores para formação dos tratamentos na matriz quadrado duplo	31
Figura 4 - Ajuste da concentração de potássio na solução fertilizante em função da condutividade elétrica (CE) na solução do solo argiloso	32
Figura 5 - Ajuste da umidade do solo em função da tensão medida no tensiômetro instalado no solo arenoso	33
Figura 6 - Ajuste da umidade do solo em função da tensão medida no tensiômetro instalado no solo argiloso	34
Figura 7 - Ajuste da concentração de nitrogênio na solução fertilizante em função da concentração de nitrogênio na solução do solo arenoso	35
Figura 8 - Ajuste da concentração de nitrogênio na solução fertilizante em função da concentração de nitrogênio na solução do solo argiloso	35
Figura 9 - Ajuste da concentração de potássio na solução fertilizante em função da concentração de potássio na solução do solo arenoso.....	36
Figura 10 - Ajuste da concentração de potássio na solução fertilizante em função da concentração de potássio na solução do solo argiloso	36
Figura 11 - Solos utilizados nos experimentos devidamente acondicionados nos vasos e distribuídos nas fileiras de cultivo: (a) solo arenoso e (b) solo argiloso.....	38
Figura 12 - Condução da cultura em espaldeiras verticais e contenção dos frutos em redes de nylon.....	39
Figura 13 - Tensiômetros e extratores de solução instalados nos vasos: (a) solo arenoso e (b) solo argiloso	39
Figura 14 - Coleta da solução do solo com o auxílio de seringa e espaguete, obtida através do extrator de cápsula porosa	41

- Figura 15 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo arenoso (trat 1: N = 0 e K = 0; trat 2: N = 0 e K = 234; trat 3: N = 0 e K = 468 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura..... 47
- Figura 16 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo arenoso (trat 4: N = 84 e K = 117; trat 5: N = 84 e K = 351; trat 6: N = 168 e K = 0 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura..... 48
- Figura 17 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo arenoso (trat 7: N = 168 e K = 234; trat 8: N = 168 e K = 468; trat 9: N = 252 e K = 117 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura..... 48
- Figura 18 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo arenoso (trat 10: N = 252 e K = 351; trat 11: N = 336 e K = 0; trat 12: N = 336 e K = 234; trat 13: N = 336 e K = 468 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura..... 49
- Figura 19 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo argiloso (trat 1: N = 0 e K = 0; trat 2: N = 0 e K = 42; trat 3: N = 0 e K = 84 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura..... 50
- Figura 20 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo argiloso (trat 4: N = 84 e K = 21; trat 5: N = 84 e K = 63; trat 6: N = 168 e K = 0 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura..... 51
- Figura 21 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo argiloso (trat 7: N = 168 e K = 42; trat 8: N = 168 e K = 84; trat 9: N = 252 e K = 21 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura..... 51
- Figura 22 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo argiloso (trat 10: N = 252 e K = 63; trat 11: N = 336 e K = 0; trat 12: N = 336 e K = 42; trat 13: N = 336 e K = 84 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura..... 52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características físicas e químicas dos solos utilizados nos experimentos...	37
Tabela 2 - Esquema da análise de variância e do desdobramento dos efeitos da regressão para os parâmetros avaliados	46
Tabela 3 - Comprimento da haste principal das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 53 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo arenoso	53
Tabela 4 - Diâmetro do caule das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 53 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo arenoso	54
Tabela 5 - Número de folhas, área foliar e área foliar média das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 53 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo arenoso.....	56
Tabela 6 - Comprimento da haste principal das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 66 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo arenoso	57
Tabela 7 - Número de folhas, área foliar e área foliar média das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 66 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo arenoso.....	59
Tabela 8 - Matéria seca do caule, matéria seca das folhas e matéria seca da parte aérea total das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 66 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo arenoso	61
Tabela 9 - Comprimento da haste principal das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 31 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso.....	62
Tabela 10 - Diâmetro do caule das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 31 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso.....	64

Tabela 11 - Número de folhas, área foliar e área foliar média das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 31 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso	65
Tabela 12 - Matéria seca da parte aérea total das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 31 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso	67
Tabela 13 - Número de folhas, área foliar e área foliar média das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 87 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso	69
Tabela 14 - Matéria seca do caule, das folhas, dos frutos e da parte aérea total das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 87 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso	71
Tabela 15 - Produção total, número de frutos por planta e peso médio dos frutos das plantas de meloeiro “cantaloupe”, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso	73
Tabela 16 - Rendilhamento da superfície do fruto das plantas de meloeiro “cantaloupe”, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso	76
Tabela 17 - Diâmetro do fruto das plantas de meloeiro “cantaloupe”, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso ..	77
Tabela 18 - Espessura da polpa dos frutos de meloeiro “cantaloupe”, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso ..	78
Tabela 19 - Firmeza da polpa dos frutos de meloeiro “cantaloupe”, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso ..	79
Tabela 20 - Sólidos solúveis totais da polpa dos frutos de meloeiro “cantaloupe”, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso	80

RESUMO

Manejo da fertirrigação na cultura do meloeiro mediante o controle de íons da solução do solo

A fertirrigação tornou-se uma prática comum entre os agricultores mais tecnificados, constituindo uma das alternativas mais consistentes para se garantir altas produtividades. Tradicionalmente, o manejo da fertirrigação é feito mediante o uso curvas de absorção de nutrientes e recomendações para aplicação de fertilizantes. O monitoramento da concentração dos nutrientes na solução do solo através do uso de extratores com cápsula porosa aparece como uma técnica promissora para um manejo mais adequado da fertirrigação. O objetivo desta pesquisa foi estudar a resposta da cultura do meloeiro quando submetida a diferentes concentrações controladas de nitrogênio-nitrato e potássio na solução do solo. Foram realizados, simultaneamente, dois experimentos em vasos sob condições de casa de vegetação, um com solo arenoso e outro com solo argiloso, adotando-se 13 tratamentos dispostos em delineamento inteiramente aleatorizado com 4 repetições. Os tratamentos foram definidos através de uma matriz denominada quadrado duplo e resultaram do manejo controlado das concentrações de nitrogênio e potássio na solução do solo. A cultura utilizada foi o meloeiro tipo cantaloupe, que foi irrigada por gotejamento com base nos dados de leituras tensiométricas sendo fertirrigada somente quando foi necessário, com base nos dados de concentração de nitrogênio e potássio. Foi avaliado, o comprimento da haste principal, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, área foliar média e matéria seca, nos solos arenoso e argiloso e o número de frutos, a produção, o peso médio dos frutos, a porcentagem rendimento da superfície dos frutos, o diâmetro dos frutos, a espessura e a firmeza da polpa e os sólidos solúveis totais, no solo argiloso. Foi realizada análise de variância e de regressão com o uso do SAS. Observou-se uma diferença no consumo acumulado de água de 27,6% no solo arenoso e 51,5% no argiloso. A concentração ótima de nitrogênio na solução do solo arenoso situou-se entre 100 e 180 mg L⁻¹ e a de potássio em 468 mg L⁻¹. As plantas do solo arenoso apresentaram baixo desempenho, indicando que as condições nutricionais não foram favoráveis ao desenvolvimento da cultura. Nos primeiros 30 dias de cultivo no solo argiloso, as melhores concentrações de nitrogênio e de potássio foram 336 e 84 mg L⁻¹, respectivamente. A primeira planta avaliada no solo argiloso apresentou um melhor desempenho que a mesma planta avaliada no solo arenoso. No final do ciclo de cultivo das plantas do solo argiloso, a melhor concentração de nitrogênio na solução do solo foi de 336 mg L⁻¹ e a de potássio variou 35 e 44 mg L⁻¹. Houve baixa produção e peso médio de frutos e os frutos colhidos tiveram, em geral, baixa qualidade. As melhores características de qualidade dos frutos foram obtidos com concentrações de nitrogênio na solução do solo entre 240 e 260 mg L⁻¹, tendo o potássio variado entre 0 e 84 mg L⁻¹.

Palavras-chave: *Cucumis melo* L.; Concentração iônica; Extratores de cápsula porosa; Nitrogênio; Potássio

ABSTRACT

Fertigation management in melon crop by soil solution ions control

The fertigation has become a common practice among farmers more advanced, constituting one of the most consistent alternative to ensure high yields. Traditionally, the fertigation management makes use of the uptake nutrients curves and recommendations to fertilizers apply. The tracking of the soil solution nutrients concentration through of the use porous cup extractors appears as a promising technique for the most appropriate management of fertigation. The aim of this research was to study the response of the melon crop when subjected to different controlled concentrations of nitrogen-nitrate and potassium in the soil solution. Two experiments were conducted simultaneously in pots on condition of greenhouse, an with sand soil and another with clay, adopting 13 treatments disposing in to fully randomized design with 4 replications. The treatments were defined by a matrix called double square and resulted the management of controlled concentrations of nitrogen and potassium in the soil solution. The crop used was the cantaloupe melon, which was drip irrigated based on readings tensiometer and fertigation was carried out only when necessary based on concentration of nitrogen and potassium. Were evaluated the length of the main stem, stem diameter, leaf number, leaf area, average leaf area and dry matter in sandy and clay soils and the number of fruits, production, the average weight of fruit, the percentage of the area tracery fruit, the fruit diameter, thickness and firmness of flesh and the soluble solids in the clay soil. Were performed analysis of variance and regression using the SAS. There was a difference in consumption of water accumulated in the sandy soil of 27.6% and 51.5% in the clay. The optimal concentration of nitrogen in the solution of the sandy soil was between 100 and 180 mg L⁻¹ and potassium in 468 mg L⁻¹. The plants in sandy soil showed low performance, indicating that the nutritional conditions were not favorable for the development of culture. In the first 30 days of crop in clay soil, the best concentrations of nitrogen and potassium were 336 and 84 mg L⁻¹, respectively. The first plant evaluated in clay soil had a better performance than the same plant assessed in sandy soil. At the end of the cycle of crop of plants in clay soil, the best concentration of nitrogen in soil solution was of 336 mg L⁻¹ and potassium ranged from 35 and 44 mg L⁻¹. There was low yield and average weight of fruits and fruits harvested, in general, were low quality. The best features of the quality of fruits were obtained with concentrations of nitrogen in soil solution between 240 and 260 mg L⁻¹, and the potassium varied between 0 and 84 mg L⁻¹.

Keywords: *Cucumis melo* L; Ionic concentration; Porous ceramic cup extractors; Nitrogen; potassium

1 INTRODUÇÃO

O aumento da concentração de sais nas áreas irrigadas, a contaminação por fertilizantes e pesticidas das águas superficiais e subterrâneas, bem como as descargas de efluentes orgânicos, são algumas das ameaças ambientais com origem na agricultura.

O sistema de produção agrícola está limitado pela capacidade do ecossistema, ao qual está associado, em manter suas propriedades naturais, muito embora avanços na tecnologia agrícola (uso de irrigação, melhoramento genético de plantas, uso de fertilizantes e pesticidas) tenham reduzido, até certo grau, a dependência da agricultura das condições naturais. Devido aos altos rendimentos obtidos com a agricultura irrigada e tendo em vista que ela é menos dependente das variações climáticas, esta assume importância especial, podendo contribuir significativamente para satisfazer a demanda de fibras e alimentos e estabilizar a oferta desses produtos. Entretanto, o manejo inadequado da irrigação, a adição de fertilizantes em altas doses, o uso de águas de qualidade inferior, entre outros fatores, pode trazer como consequência a salinização dos solos e prejudicar o rendimento das culturas mais sensíveis ao estresse salino.

A aplicação de adubos via água de irrigação é uma das atividades de maior desenvolvimento e crescimento na agricultura irrigada nos últimos anos. Nos anos 90, com o crescimento da irrigação localizada, os agricultores passaram a usar a fertirrigação na fruticultura, cafeicultura, horticultura e floricultura. Atualmente, a fertirrigação vem sendo utilizada em todo o País e, em algumas regiões e culturas, seu uso tem sido mais freqüente, como ocorre com a cultura do meloeiro, que é uma das culturas em que mais se pratica fertirrigação.

Tradicionalmente, o manejo da fertirrigação é realizado por meio de quantidades preestabelecidas de fertilizantes, parceladas de acordo com a marcha de absorção da cultura e, normalmente, não existe monitoramento da concentração de íons na solução do solo nem do estado nutricional da planta, resultando, em alguns casos, em gastos excessivos com fertilizantes e, em outros, na salinização dos solos.

O excesso de sais no solo reduz a disponibilidade de água para as plantas, além de trazer problemas como o efeito de íons tóxicos específicos sobre a fisiologia vegetal, a tal ponto de afetar seus rendimentos e a qualidade de sua produção.

A aplicação regular de fertilizantes nitrogenados pela irrigação é, provavelmente, responsável pelo aumento nas concentrações de nitrato no lençol freático nas áreas dominadas pela agricultura irrigada. Dessa forma, os sistemas agrícolas sustentáveis devem incluir práticas de irrigação saudáveis ao meio ambiente.

Os custos com adubos, irrigação e mão-de-obra constituem fatores importantes na exploração das culturas irrigadas. Dessa forma, alternativas que preconizam a racionalização desses custos precisam ser avaliadas, tendo como relevância o monitoramento da adição desses fertilizantes, a fim de assegurar que os produtos obtenham alto valor comercial e ambiental.

Nesse sentido, o uso de extratores de solução do solo para fins de manejo da fertirrigação foi avaliado por alguns pesquisadores (BLANCO, 2004; DIAS, 2004; DIAS et al., 2002; SILVA, 2002; SILVA et al., 1999; TAVARES, 2005). Em resumo, estes trabalhos enfocaram a questão da utilização dos extratores como forma de se estimar a concentração de íons na solução do solo; a sensibilidade de testes rápidos na detecção desses íons no extrato da solução; o controle da salinidade através do uso de extratores e a resposta de algumas culturas ao manejo controlado da salinidade do solo comparativamente ao manejo tradicional da fertirrigação. Em todos os trabalhos os resultados mostraram tendências promissoras quanto ao uso dos extratores, mas em nenhum deles se estudou a concentração ótima dos íons na solução do solo.

Assim, o manejo da fertirrigação com o uso de extratores de solução de cápsula porosa, se apresenta como uma alternativa econômica e ambiental. Entretanto, ainda precisa ser estudado o manejo da fertirrigação com o controle da concentração dos íons específicos na solução do solo para servir de forma de decisão do evento de fertirrigação. Para isso, é necessário que se façam estudos para verificar a resposta das principais culturas fertirrigadas ao manejo controlado de íons da solução do solo e calibrar a metodologia para que ela possa ser efetivamente recomendada.

Atualmente o cultivo do meloeiro é quase que totalmente feito sob condições fertirrigadas. Em 2006 no Brasil, foram plantados 21.366 hectares que produziram 500.021 Mg de frutos de melão, obtendo-se um faturamento bruto de R\$ 316.236.000. Desses montantes, a região Nordeste do Brasil foi responsável 87% da área plantada, 96% da quantidade produzida e 95% das divisas geradas para o País. O estado do Rio Grande do Norte é responsável por aproximadamente 44% da área plantada no Nordeste, por mais de 51% da produção nordestina e por quase 46% das divisas geradas com essa cultura no Nordeste (IBGE, 2008).

Analisando o avanço das exportações brasileiras de frutas no período de 1996 a 2007, percebe-se que triplicou o montante das negociações no período (em dólares); enquanto isso as exportações de melões, no mesmo período, quintuplicaram, sendo mais acentuada nos últimos quatro anos, quando as negociações com melões dobraram, passando de 63 milhões de dólares em 2004 para 128 milhões em 2007 (MDIC, 2008).

Considerando a importância econômica do meloeiro para o Brasil e, tendo em vista que é nessa cultura que a fertirrigação é mais empregada, é importante que a metodologia do uso dos extratores de solução para o manejo da fertirrigação através do controle de íons da solução do solo, seja estudada para esta cultura.

Nesse sentido, há uma combinação de concentração de nitrogênio e potássio na solução do solo que, cultivando-se o meloeiro sob essas condições, observar-se-á os melhores valores para as características produtivas dessa cultura.

Dado o exposto, o objetivo desta pesquisa foi estudar a resposta da cultura do meloeiro quando submetida a diferentes concentrações controladas de nitrogênio-nitrato e potássio na solução do solo.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 A fertirrigação

Entende-se por fertirrigação a aplicação dos fertilizantes e mais concretamente, a dos elementos nutritivos de que precisam os cultivos, junto com a água de irrigação. Naturalmente, nem todos os tipos de irrigação permitem realizar a fertirrigação, já que a exigência principal é obter a máxima uniformidade na aplicação. Dessa forma, a fertirrigação se associa basicamente com os sistemas de irrigação de alta frequência, sem prejuízo de sua aplicação em outros casos (DOMINGUEZ VIVANCOS, 1993).

A prática da fertirrigação é relativamente recente, apesar de ter iniciado na Califórnia em 1930. Logicamente, ela tem se desenvolvido paralelamente com a irrigação por gotejamento ou similares (DOMINGUEZ VIVANCOS, 1993).

Hoje a fertirrigação é empregada em mais de 75% de toda a produção agrícola de Israel e em praticamente 100% da produção irrigada por gotejamento em países como Estados Unidos, Espanha, Holanda, Austrália, e África do Sul. Assim, em países onde a agricultura irrigada é tecnologicamente desenvolvida, a fertirrigação tornou-se de uso generalizado, sendo uma das principais práticas responsáveis pela obtenção de altas produtividades (VILLAS BÔAS et al., 2001). No Brasil, a fertirrigação vem sendo utilizada em todo o país, e em algumas regiões e culturas seu uso tem sido mais freqüente. No Nordeste, cerca de 80% do melão produzido na região é fertirrigado por gotejamento (VILLAS BÔAS et al., 2001).

Devido ao rápido crescimento da fertirrigação no país, a prática se adiantou à pesquisa, sendo esta técnica utilizada, na maioria dos casos, de forma empírica, o que tem implicado em prejuízos de produtividade e desestímulo ao seu uso por parte de alguns agricultores. Outro fator importante, que também deve ser levado em consideração, é que o manejo inadequado da fertirrigação, além de reduzir a produtividade e a qualidade do produto, pode aumentar o custo de produção, ampliar a

perda de água e de fertilizantes, causar a salinização dos solos devido à aplicação excessiva, e ainda, por meio de lixiviação, contaminar mananciais de águas, causando danos irreversíveis ao ambiente (VILLAS BÔAS et al., 2001).

Para atender às necessidades nutricionais da cultura através da fertirrigação, duas aproximações podem ser feitas: uma mais tradicional, em que a fonte de nutrientes no sentido quantitativo é adaptada às necessidades teóricas da cultura. Este sistema requer o uso dos métodos diagnósticos clássicos, como a análise foliar. A outra, uma aproximação mais fisiológica e mais qualitativa que tenta aplicar à cultura uma solução fisiologicamente equilibrada, com todos os nutrientes requeridos pela cultura. Esta última é a aproximação usada em cultivo sem solo (DOMINGUEZ VIVANCOS, 1993). A aplicação de nutrientes via água de irrigação deve ser feita de maneira racional, obedecendo às características de absorção de cada cultura em cada estágio de desenvolvimento, às práticas culturais necessárias durante o ciclo produtivo, a distribuição dos nutrientes no perfil do solo e a eficiência do sistema de irrigação (BAR-YOSEF, 1999).

Os nutrientes mais utilizados na fertirrigação são aqueles que têm maior mobilidade no solo como o potássio e, principalmente, o nitrogênio (MAROUELLI et al., 2003). Alguns produtores utilizam também a aplicação de fósforo via água de irrigação, afirmando obter bons resultados (VILLAS BÔAS et al., 2001).

Na prática da fertirrigação são pontos imprescindíveis: o conhecimento das propriedades do solo, no que diz respeito a textura, pH, cátions trocáveis e em solução, densidade, permeabilidade e condutividade elétrica; e de propriedades da água como a concentração de sais e pH (SOUSA; SOUZA, 1992).

A irrigação localizada tem o potencial de aplicar água e produtos químicos na quantidade e posição adequadas em todo o campo. Ela pode ser projetada e operada de modo que a água e os nutrientes sejam aplicados em uma taxa, duração e frequência que maximize a absorção do nutriente pela cultura e minimize a lixiviação dos nutrientes e produtos químicos para fora da zona radicular (GÄRDENÄS et al., 2005).

Nesse sentido, Silber et al. (2003), estudando os efeitos da freqüência da fertirrigação sobre o crescimento, rendimento e absorção de água e elementos nutricionais por plantas de alface, encontraram que uma alta freqüência de fertirrigação induz a um aumento significativo no rendimento, principalmente a baixos níveis de concentração dos nutrientes. Eles relacionaram a melhoria no rendimento ao aumento da absorção de nutrientes, especialmente o fósforo. A fertirrigação freqüente melhorou a absorção de nutrientes através de dois mecanismos principais: contínuo reabastecimento de nutrientes na zona de depleção próxima a interface da raiz, e aumento do transporte de nutrientes dissolvidos pelo fluxo de massa, devido ao alto conteúdo médio de água no meio. Dessa forma, um aumento na freqüência de fertirrigação permite reduzir a concentração na água de irrigação de elementos considerados “imóveis” como fósforo e potássio e diminuir a poluição ambiental pela lixiviação desses nutrientes.

Os parâmetros nutricionais que constituem a base do manejo da fertirrigação em tempo real para cultivos em estufas, tanto em solo como em hidroponia, são o pH e a condutividade elétrica; mas este controle pode ser muitas vezes insuficiente. Em geral, as análises de laboratório são feitas somente quando há anomalias na cultura, devido ao custo elevado e ao longo tempo que se gastam para se realizarem essas análises. Com isso, o manejo da fertirrigação normalmente é baseado em estimativas, conduzindo muitas vezes a uma aplicação excessiva dos fertilizantes, causando excessiva lixiviação dos nutrientes e a conseqüente poluição do aquífero (JIMÉNEZ et al., 2006).

O uso de extratores de solução do solo auxilia no manejo da fertirrigação, permitindo identificar e contornar problemas causados por desequilíbrios nutricionais e processos de salinização. Segundo Burgueño (1996), ao se estabelecer o monitoramento periódico, a aplicação de fertilizantes pode ser controlada de forma a manter a concentração da solução do solo variando numa faixa de condutividade elétrica (CE) considerada adequada para a cultura, não sendo, portanto, necessário se aplicar lâminas de lavagem de manutenção, evitando, assim, desperdícios com água, energia e fertilizantes.

2.1.2 A cultura do meloeiro

O meloeiro pertence à família Curcubitaceae, gênero *Cucumis* e espécie *Cucumis melo* L. Sua origem ainda não está bem definida, mas alguns acreditam que seja da África, enquanto que outros acreditam que seja do oeste da Ásia (MALLICK; MASUI, 1986; ZAPATA NICOLAS et al., 1989). No Brasil, o melão foi introduzido pelos imigrantes europeus no Estado de Rio Grande do Sul nos anos de 1960. Posteriormente seu cultivo expandiu-se por várias localidades do país, como São Paulo, Pará e Estados do Nordeste, e vem sendo cultivado em larga escala no sub-médio São Francisco (COSTA; PINTO, 1977; FERREIRA; PEDROSA; ALVARENGA, 1982) e microrregiões de Mossoró e Açu no Rio Grande do Norte (SOUSA; COELHO; SOUZA, 1999).

O meloeiro é uma planta anual, herbácea, trepadeira ou rasteira (ARAÚJO, 1980). O sistema radicular é bastante ramificado, vigoroso e pouco profundo, sendo que a maioria das raízes situa-se na camada de até 20 a 30 cm de profundidade do solo. As folhas são de tamanho e forma bastante variados, mas em geral são grandes, palmadas pentalobadas, possuindo gavinhas nas axilas (JOLY, 1993). As flores nascem nas axilas das folhas, sendo as femininas e hermafroditas isoladas e as masculinas em grupos de três a cinco. As plantas do meloeiro podem apresentar quatro tipos de sexo: andromônica, ginóica, monóica e hermafrodita. O ovário é ínfero, apresentando inúmeros nectários na parte basal do estilete. O grão de pólen apresenta certa viscosidade, necessitando da abelha como agente polinizador (PEDROSA, 1997). Os frutos são bagas grandes, polimórficas, pubescentes ou glabras e de cores variadas (GOMES, 1987).

Os melões produzidos comercialmente têm plantas que pertencem a dois grupos botânicos: *Cucumis melo* var. *inodorus* Naud. e *Cucumis melo* var. *cantalupensis* Naud., que correspondem aos melões inodoros e aos aromáticos, respectivamente. Os primeiros apresentam frutos de casca lisa ou levemente enrugada, coloração amarela, branca ou verde-escura. Os outros possuem frutos de superfície rendilhada, verrugosa

ou escamosa, polpa com aroma característico, podendo ser de coloração alaranjada, salmão ou verde (MENEZES et al., 2000).

A planta adapta-se melhor aos climas quentes e secos, requerendo irrigação para suprir sua demanda hídrica. Em temperaturas abaixo de 13°C o crescimento da planta é reduzido, enquanto que temperaturas entre 20° e 30°C são favoráveis ao desenvolvimento e à produtividade da cultura (SILVA et al., 2000). Regiões de alta luminosidade, baixos índices pluviométricos durante a maior parte do ano, baixa umidade relativa e altas temperaturas permitem produzir melão quase o ano inteiro com frutos de qualidade superior (FILGUEIRA, 2000; GURGEL et al., 2000).

Quanto ao solo, o meloeiro se adapta bem a maioria dos solos, embora dê preferência aos que não foram cultivados com cucurbitáceas, ricos em matéria orgânica, profundos, de textura média e com pH na faixa de 6,4 a 7,2 (PEDROSA, 1997). Deve ser preparado de forma a permitir boa drenagem e bom desenvolvimento radicular (ANJOS et al., 2003).

O plantio geralmente é feito por semeadura direta, mas no caso dos híbridos, pelo elevado custo das sementes, usa-se o plantio de mudas, preparadas em bandejas de poliestireno expandido (isopor), sacos plásticos ou saquinhos de jornal (ANJOS et al., 2003).

A necessidade hídrica da cultura varia de 300 a 550 mm por ciclo, dependendo das condições climáticas, ciclo da cultivar e sistema de irrigação (MAROUELLI et al., 2003). O excesso de umidade do solo causado por chuvas ou manejo inadequado da irrigação favorece a proliferação e a disseminação de doenças na cultura que afetam a qualidade dos frutos. Os melões produzidos tanto sob excesso quanto sob déficit de água são de qualidade inferior, geralmente com baixo teor de açúcares, devido à queda de folhas causada por doenças (SILVA; COSTA; CARRIJO, 2003).

2.1.3 O papel do nitrogênio e do potássio no meloeiro

Segundo Lopes (1989), o nitrogênio é um nutriente essencial para a vida vegetal, pois constitui a estrutura do protoplasma da célula, da molécula da clorofila, dos

aminoácidos, das proteínas e de várias vitaminas, além de influenciar as reações metabólicas da planta. Ele é absorvido nas formas de NO_3^- e NH_4^+ , sendo essencial para a síntese de aminoácidos, que compõem as proteínas, a clorofila, os alcalóides, os ácidos nucléicos, os hormônios, as enzimas e as vitaminas. Além disso, tem influência sobre o desenvolvimento do sistema radicular e sobre a absorção do potássio.

A importância que o nitrogênio exerce sobre a qualidade dos frutos é devida, provavelmente, ao seu controle na fisiologia do fruto. Bhelle e Wilcox (1986) verificaram que os frutos de melão das plantas que não receberam nitrogênio tinham a polpa mole, eram deformados, de cor amarelo-clara, fracamente reticulados, ao passo que os frutos das plantas que receberam nitrogênio tinham a polpa consistente, o formato arredondado, ou ligeiramente oval, a cor verde-mosqueada com amarelo-claro e eram bastantes reticulados. Prabhakar; Srinivas e Shukla (1985) observaram que o aumento na produtividade de melão, ocasionada pela adição de nitrogênio, foi devido ao aumento no número e no peso dos frutos. No submédio do Vale do São Francisco, Faria; Ferreira e Possídio (1994) constataram a influência positiva do nitrogênio no teor de sólidos solúveis, no peso e no número de frutos do melão. Posteriormente, Faria et al. (2000) observaram os mesmos resultados.

Absorvido pelas raízes na forma de K^+ , o potássio desempenha várias funções na planta, tais como: controle da turgidez do tecido, ativação de muitas enzimas envolvidas na respiração e na fotossíntese, abertura e fechamento de estômatos, transporte de carboidratos, transpiração, resistência à geada, à seca, à salinidade e à doença, resistência ao acamamento e manutenção da qualidade dos produtos (MALAVOLTA, 1980; MENGEL; KIRKBY, 1987). O potássio é o principal responsável pela translocação de carboidratos para os frutos, com importante participação na produção e na qualidade dos frutos (PRABHAKAR; SRINIVAS; SHUKLA, 1985).

Do ponto de vista biológico, o potássio é o elemento mais abundante nas células vegetal e animal, sendo essencial na constituição do organismo; sem ele, a vida não seria possível. Sua deficiência produz melões ocos e com baixo conteúdo de açúcares. Prabhakar; Srinivas e Shukla (1985) verificaram que o aumento na produtividade do melão, obtida com a adição de potássio, ocorreu devido ao aumento no peso médio dos

frutos, em virtude do papel do potássio na translocação de carboidratos. A sacarose, embora ausente em frutos imaturos, tornou-se o maior constituinte dos carboidratos no fruto maduro. As mudanças no teor de sólidos solúveis totais, durante o amadurecimento do fruto, correlacionaram-se positivamente com o pH, certos aminoácidos, o sódio e o potássio.

2.1.4 Irrigação e fertirrigação no meloeiro

Os métodos de irrigação por aspersão, sulco e gotejamento podem ser usados na cultura do meloeiro (SILVA et al., 2000). O sistema de irrigação por gotejamento aplica água diretamente no solo sem molhar a parte aérea das plantas e os frutos, reduzindo substancialmente a incidência de doenças fúngicas e bacterianas e aumentando a produtividade e a qualidade dos frutos. Ademais, por não molhar toda a superfície do solo, reduz as perdas de água por evaporação, e por apresentar alta eficiência de irrigação, pode reduzir o uso de água em até 60% quando comparado ao sistema por sulco. Por estas razões, o gotejamento tem sido o sistema mais utilizado nas principais regiões produtoras de melão do Brasil (MAROUELLI et al., 2001).

As principais vantagens do gotejamento, comparativamente ao sistema por sulco, são: menor uso de água (40 a 60%); maior produtividade (20 a 30%) e alta eficiência de irrigação (80 a 90%). As principais desvantagens são: o maior custo inicial por unidade de área (R\$ 2.500,00 a 5.000,00 por hectare), a facilidade de entupimento dos emissores e a necessidade de remoção das tubulações de gotejadores (linhas laterais) distribuídas no campo no final de cada safra. Outro aspecto importante para o sucesso da irrigação por gotejamento na cultura do melão é a possibilidade do uso da fertirrigação (MAROUELLI et al., 2001).

Na prática, a fertirrigação do meloeiro é realizada basicamente com nitrogênio e potássio, com doses de 100 a 250 kg ha⁻¹ de N e 80 a 370 kg ha⁻¹ de K₂O, para produtividades médias entre 15 e 40 Mg ha⁻¹ (VILLAS BÔAS et al., 2001). Os demais nutrientes são considerados menos importantes na fertirrigação e por isso são pouco estudados.

Conforme Silva et al. (2000), o nitrogênio e o potássio são os elementos extraídos em maiores quantidades pelo meloeiro, participando com mais de 80% do total de nutrientes extraídos, 38 e 45%, respectivamente. A taxa de absorção desses nutrientes pelo meloeiro é mais rápida após o início do florescimento, estendendo-se até a fase inicial de frutificação.

No estado do Piauí, doses de nitrogênio aplicadas em fertirrigação influenciaram a produtividade total, comercial e não comercial do meloeiro. A dose de 120 kg ha⁻¹ de N foi a mais adequada. As doses de potássio utilizadas, não influenciaram as variáveis de produção estudadas. As características físicas e químicas de qualidade de frutos não foram influenciadas pelos níveis de N e K utilizados (COELHO et al., 2001).

Objetivando avaliar o efeito da aplicação de nitrogênio e potássio via água de irrigação, Pinto et al. (1993) concluíram que as maiores produtividades foram obtidas com aplicação diária da fertirrigação.

O melão tipo Orange Flash, respondeu positivamente a aplicação diária de fertilizantes organominerais em ambiente protegido quando comparada com a fertirrigação química convencional (FERNANDES et al., 2002; FERNANDES; RODRIGUES; TESTEZLAF, 2003; FERNANDES; TESTEZLAF, 2002).

Fontes de fósforo também foram estudadas. O ácido fosfórico e o MAP, aplicados em fertirrigação, apresentaram os melhores resultados de produtividade comercial (BRITO et al., 2000).

Trabalhos recentes realizados na região de Mossoró/RN, estudando-se doses de nitrogênio e potássio, apresentaram respostas apenas para as doses de nitrogênio. Para potássio, onde os solos apresentavam concentrações acima de 0,44 cmol_c kg⁻¹, as plantas de melão não responderam a doses de potássio (DUTRA, 2005; SILVA JÚNIOR, 2005). Talvez, o aumento da concentração do nutriente na solução do solo, no período de maior demanda pela cultura, usando extratores de solução para o monitoramento, seria uma alternativa para aperfeiçoar a adubação desse nutriente.

2.1.5 Tensiômetros e extratores de cápsula porosa

Um dos dispositivos mais utilizados para monitorar o status da água do solo é o tensiômetro. Ele consiste de uma cápsula porosa (usualmente fabricada em cerâmica com poros finos) conectada a uma câmara de vácuo por meio de um tubo rígido cheio de água. A cápsula porosa é colocada em íntimo contato com o volume de solo na profundidade de medida. Quando o potencial mátrico do solo está mais baixo (mais negativo) que o equivalente de pressão dentro da cápsula tensiométrica, a água move-se do tensiômetro ao longo de um gradiente potencial de energia para o solo, através da cápsula porosa saturada, criando desse modo a sucção detectada pelo vácuo. O fluxo da água no solo continua até que o equilíbrio esteja restabelecido e a sucção dentro do tensiômetro se igualar ao potencial mátrico do solo (isto é, quando a força dirigida se dissipa). Quando o solo está molhado, o fluxo pode ocorrer no sentido reverso, isto é, a água do solo entra no tensiômetro até que um novo equilíbrio seja alcançado (OR, 2001).

A invenção do tensiômetro para medir o potencial mátrico da água do solo é atribuída, geralmente a Willard Gardner, sendo que o primeiro projeto robusto para aplicações em campo é atribuído a Lorenzo A. Richards. Entretanto, as evidências mostram que o projeto original foi proposto por Burton E. Livingston por volta de 1908 com execução avançada de conceitos similares para “medir a elevação capilar dos solos” por Lynde e por Dupre em 1913 (OR, 2001).

Aos extratores de solução do solo de cápsula porosa podem ser aplicados os mesmos princípios teóricos de movimento de fluxo dos tensiômetros, sendo que neste caso o fluxo de solução, normalmente se dá em sentido contrário ao do fluxo que ocorre no tensiômetro, ou seja, do solo para o extrator, graças ao gradiente de potencial gerado pelo vácuo que é aplicado ao extrator.

As cápsulas de cerâmica porosa são extensamente utilizadas para medir a lixiviação de nitrato na agricultura, mas não está inteiramente claro que este procedimento dá resultados confiáveis ou que fatores podem limitar o seu uso (LORD; SHEPHERD, 1993).

Silva (2002), estudando a utilização de extratores providos de cápsulas cerâmicas no manejo da fertirrigação e no controle do processo de salinização ocasionado pelo acúmulo de fertilizantes, encontrou resultados que demonstraram a possibilidade do uso da técnica proposta para monitorar a concentração iônica da solução do solo, além de possibilitar a determinação dos íons potássio e nitrato com alta precisão, cálcio e magnésio com precisão satisfatória. Segundo esse autor os extratores de cápsula porosa não são recomendados para a determinação da concentração de enxofre e fósforo na solução do solo.

2.1.6 Extração da solução do solo

Diferentes métodos podem ser utilizados para a obtenção da solução do solo. Alguns métodos são apresentados por Wolt (1994), dentre eles o da centrifugação, deslocamento em coluna, extração em membrana sob pressão, extrato de saturação, extratos aquosos e métodos lisimétricos, incluindo o método do lisímetro de tensão, mais conhecido como método dos extratores de cápsula porosa.

Lao et al. (2004) citam que foram Briggs & McCall os primeiros a introduzem a técnica de cápsulas de sucção, propondo seu uso como uma raiz artificial para simular a sucção de água disponível no solo para as plantas. Todavia, talvez tenha sido Wagner (1962) o primeiro a utilizar os extratores de cápsula de cerâmica porosa para extrair a solução do solo, embora, freqüentemente, tenha sido atribuída a Reeve e Doering (1965) a invenção deste equipamento. De fato, estes foram os primeiros a apresentarem dados de condutividade elétrica medida na solução (CEs) extraída com cápsulas porosas, enquanto que Wagner (1962) realizou apenas uma avaliação do volume de solução coletado para diferentes umidades do solo e uma breve avaliação da adsorção de íons pela cápsula, e sugeriu que a metodologia poderia ser utilizada para o estudo do balanço de nutrientes a diferentes profundidades.

O uso de cápsulas de sucção é o único método viável para extrair *in situ* a solução do solo, sem fazer diluições da mesma. Desta forma, nos casos, onde é necessário saber a composição iônica da solução do solo, esta técnica pode ser usada

(LAO et al., 2004). Segundo Grossmann e Udluft (1991), este método de obtenção da solução do solo é vantajoso porque permite a amostragem contínua durante todo o período e, se necessário, em diversas profundidades de um perfil de solo. Entretanto, os autores alertam que alguns problemas podem ocorrer, tais como variabilidade espacial das propriedades estudadas e alteração da amostra pelo sistema de amostragem.

A utilização de cápsulas porosas para extrair a solução do solo é bastante difundida, principalmente devido ao manejo fácil, custo relativamente baixo e pelo fato do extrato obtido não requerer tratamentos prévios às determinações físico-químicas e à quantificação de seus componentes (MORAES; DYNIA, 1990). Além disso, Silva et al. (1999) citam que a extração da solução do solo por intermédio de cápsulas porosas em umidades próximas a capacidade máxima de retenção de água é de fácil execução e que várias vantagens podem ser relacionadas ao método, dentre as quais citam que a solução coletada corresponde à umidade do solo no momento em que a planta está absorvendo os nutrientes e assim a concentração dos solutos dissolvidos é a mesma que a planta estaria absorvendo; que a amostragem é sistemática, verdadeiramente pontual e não destrutiva; e que a aferição da condutividade elétrica é praticamente instantânea.

Nesse sentido, o uso de extratores de solução do solo para fins de manejo da fertirrigação foi avaliado por alguns pesquisadores (BLANCO, 2004; DIAS, 2004; DIAS et al., 2002; SILVA, 2002; SILVA et al., 1999; TAVARES, 2005). Em resumo, estes trabalhos enfocaram a questão da utilização dos extratores como forma de se estimar a concentração de íons na solução do solo; a sensibilidade de testes rápidos na detecção desses íons no extrato da solução; o controle da salinidade através do uso de extratores e a resposta de algumas culturas ao manejo controlado da salinidade do solo comparativamente ao manejo tradicional da fertirrigação. Em todos os trabalhos os resultados mostraram tendências promissoras quanto ao uso dos extratores, mas em nenhum deles se estudou a concentração de íons específicos na solução do solo para fins do manejo da fertirrigação.

2.1.7 Análise da solução do solo

As raízes das plantas absorvem a solução do solo, constituindo-se em parâmetro produtivo direto para a cultura; é fundamental sabê-la como base para o manejo da fertirrigação (LAO et al., 2004).

A importância de se conhecer as propriedades químicas da solução do solo para o manejo racional do solo e da água é reconhecida há muitos anos. No século passado, Hoagland; Martin e Stewart (1920) já afirmavam que o progresso no estudo do solo como um meio para o crescimento das plantas dependerá de um melhor conhecimento da solução do solo, uma vez que os nutrientes absorvidos pelas plantas são obtidos da solução do solo. Para Smethurst (2000), as recomendações de adubação não são baseadas nas características químicas da solução do solo, devido à dificuldade de obtenção da solução e determinação da concentração dos nutrientes e à alta variabilidade espacial e temporal da solução.

Inicialmente acreditava-se que o equilíbrio químico da solução do solo requeria a precipitação dos sais adicionados com a finalidade de manter a composição da solução constante, a qual era governada principalmente pelos minerais de origem do solo (Cameron, 1911). Posteriormente, Hoagland; Martin e Stewart (1920) demonstraram que a concentração química da solução do solo poderia ser elevada pela adição de sais solúveis e que os elementos adicionados seriam os mesmos a apresentar aumento na concentração.

A análise da solução do solo é um critério objetivo para definir a solução nutritiva, de modo que possa ser uma ferramenta apropriada para o manejo da fertirrigação. Os níveis dos nutrientes da solução do solo devem ser conhecidos para estabelecer a aproximação apropriada ao manejo dos nutrientes (LAO et al., 2004). Após ter extraído a solução do solo ou, no exemplo de culturas hidropônicas, após ter coletado a drenagem, a análise freqüente do nutriente seria necessária, permitindo um controle nutritivo mais efetivo da cultura. Neste caso, seria útil ter um equipamento de fácil manuseio por técnicos e fazendeiros e que determine os diferentes parâmetros nutritivos rapidamente (JIMÉNEZ et al., 2006).

O equipamento de fertirrigação faz uma aplicação ajustada da solução nutritiva; entretanto, a solução quando chega ao solo é modificada, e a que fica disponível para planta é desconhecida. O uso de cápsulas de sucção e de teste rápido pode permitir o conhecimento rápido do estado da solução do solo. A cápsula de sucção pode ser usada para extrair a solução do solo, porque obtém a amostra da solução do solo sem diluição para posterior análise (JIMÉNEZ et al., 2006).

Lao et al. (2003) encontraram um modelo linear simples para estimar a composição real da solução do solo a partir umidade do solo e da composição da solução do solo, mostrando uma correlação com os valores experimentais encontrados por meio das cápsulas de sucção após a irrigação. Para os autores, este modelo pode ser usado no cálculo da composição de soluções nutritivas e também pode ser relevante na preparação de soluções balanceadas para fertirrigação, maximizando a produção e minimizando o uso excessivo de fertilizantes e a poluição em ecossistemas de horticultura intensiva.

Dias et al. (2004) citam como resultados preliminares, concentrações adequadas de nitrato e potássio na solução do solo para as culturas do tomate, pimentão e pepino. Lao et al. (2004), estudando a solução do solo em solo de casas de vegetação comerciais cultivadas com tomateiros, encontrou valores médios de nitrato e potássio de 12,7 e 6,0 mmol_c L⁻¹, respectivamente, e concluíram que a aplicação de nitrato deve ser controlada pela solução do solo, pois este elemento é muito móvel no solo, o que provavelmente gerou grandes variações nos valores encontrados para este nutriente. Entretanto, esses resultados são apenas indicativos e ainda precisam ser comprovados.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Caracterização do estudo

Este estudo foi composto de duas etapas: a primeira compreendeu a construção de curvas de calibração das soluções com fertilizantes nitrogenados e potássicos e de curvas de retenção de umidade para os solos estudados; a segunda etapa

compreendeu a realização de dois experimentos em vasos conduzidos simultaneamente sob condições de casa de vegetação, sendo um com solo arenoso e outro com solo argiloso. Estes experimentos consistiram, basicamente, do controle da concentração de nitrogênio-nitrato e potássio na solução do solo, usando-se extratores de solução do solo para obtenção do extrato e determinando-se os íons na solução do solo extraída. A concentração medida na solução do solo foi a forma de decisão do evento de fertirrigação com esses nutrientes.

2.2.2 Caracterização do local experimental

Os experimentos foram realizados em ambiente protegido no Campus da Universidade Federal Rural do Semi-árido – UFERSA, situada no município de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte, tendo este município às seguintes coordenadas geográficas: latitude Sul de 5° 11', longitude Oeste de 37° 20', e altitude média de 18 metros (Figura 1). De acordo com Carmo Filho e Oliveira (1995), as características climáticas deste município são: temperatura média anual de 27,4 °C, precipitação pluviométrica de 673,9 mm, sendo bastante irregular e se concentrando nos primeiros meses do ano, e umidade relativa do ar média de 68,9%. Segundo a classificação de Koeppen, o clima é do tipo BSw'h', ou seja, quente e seco. O ambiente protegido foi formado por casa de vegetação (Figura 2) construída em estrutura metálica com quatro metros de altura e cobertura em arco coberta com plástico transparente tratado contra a ação dos raios ultravioletas e as laterais fechadas com tela tipo sombrite 50%. A estufa tinha as seguintes dimensões: 7,0 m de largura e 18,0 m de comprimento.

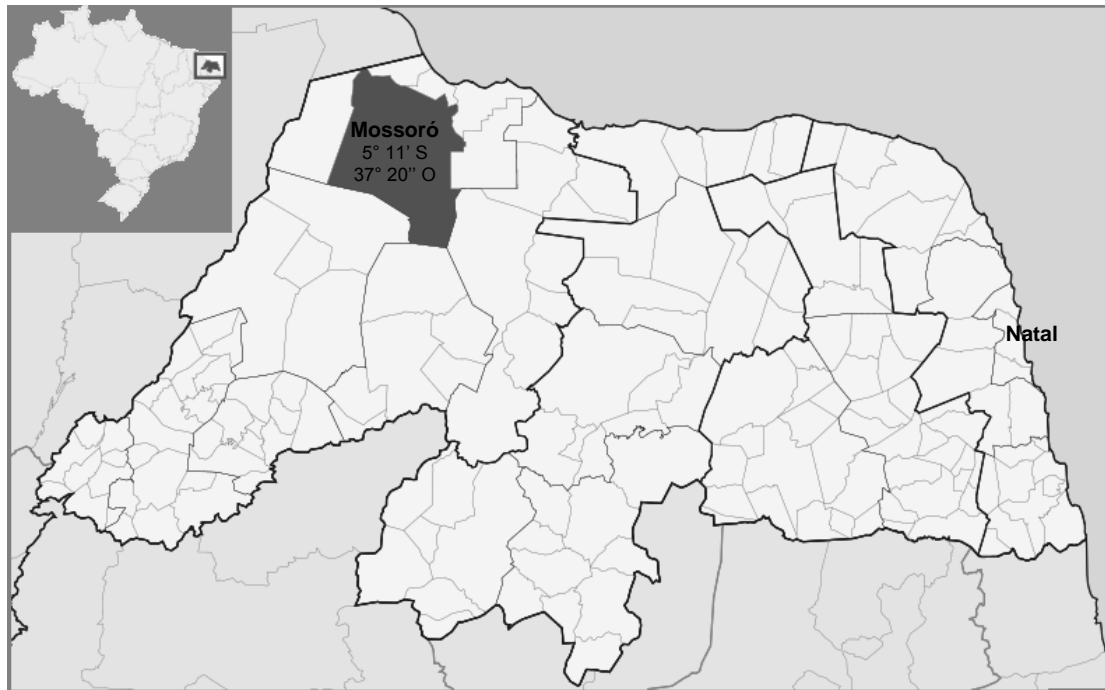


Figura 1 - Localização do Estado do Rio Grande do Norte e do município de Mossoró



Figura 2 - Casa de vegetação onde foram realizados os experimentos

2.2.3 Tratamentos e delineamento experimental

Para definição dos tratamentos foram adotados 5 níveis de concentração de nitrogênio-nitrato e cinco níveis de concentração potássio, na solução do solo, combinados por uma matriz denominada de quadrado duplo para formar 13 tratamentos. A matriz experimental ou arranjo de tratamentos é definida segundo o

modelo: $2 \times 2^k + 2k + 1$, sendo k o número de fatores estudados (ALVAREZ, 1994). Assim, os tratamentos de N-NO₃ e K, em relação a uma concentração considerada padrão (%) ficaram assim definidos: 0-0, 0-100, 0-200, 50-50, 50-150, 100-0, 100-100, 100-200, 150-50, 150-150, 200-0, 200-100, 200-200 (Figura 3). O nível zero foi definido como o valor da concentração de N-NO₃ e K encontrada na solução do solo sob condições naturais.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente aleatorizado com 4 repetições, totalizando 52 parcelas, sendo que cada parcela foi representada por um vaso de plástico com aproximadamente 20 litros de capacidade.

Para o solo arenoso as concentrações de nitrogênio-nitrato e de potássio consideradas padrão para a solução do solo, foram àquelas recomendadas para o cultivo hidropônico do meloeiro que foram ajustadas para 168 e 234 mg L⁻¹, respectivamente (CASTELLANE; ARAÚJO, 1994).

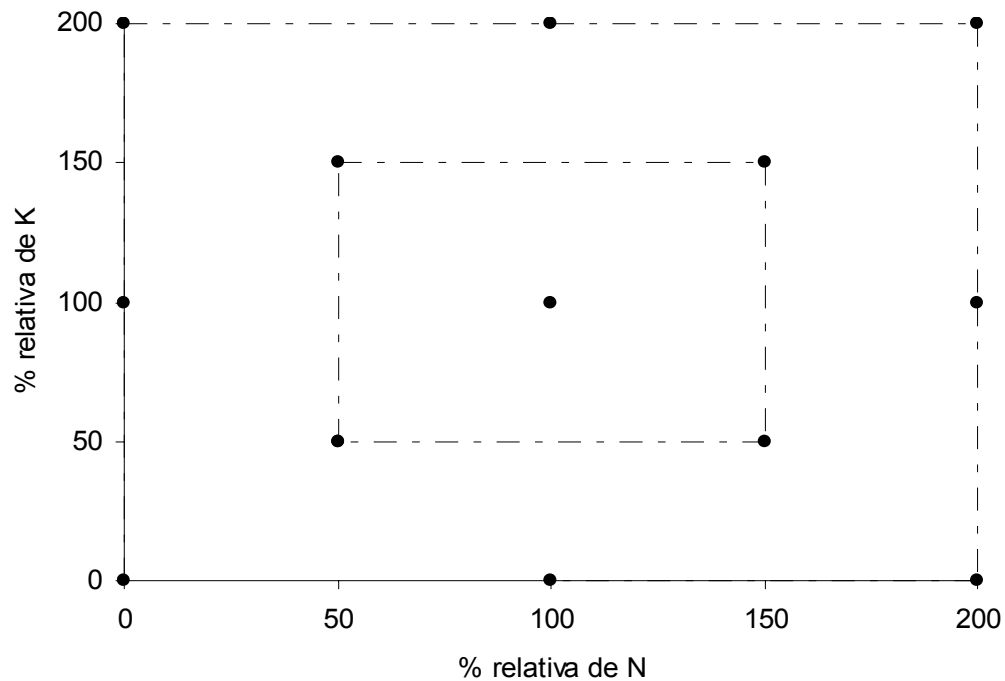


Figura 3 - Combinação dos níveis dos fatores para formação dos tratamentos na matriz quadrado duplo

Para o solo argiloso, a concentração padrão de nitrogênio-nitrato foi mantida em 168 mg L^{-1} e a de potássio, devido ter sido observado um alto poder tampão do solo em relação a esse nutriente, foi definida segundo a maior condutividade elétrica produzida pelos níveis de potássio na solução do solo arenoso. Para isso foi ajustada uma curva da condutividade elétrica da solução do solo em função da concentração de potássio na solução fertilizante para o solo argiloso (Figura 4) e com a condutividade elétrica máxima ($3,55 \text{ dS m}^{-1}$) observada no solo arenoso, definiu-se a máxima concentração de potássio na solução fertilizante para o solo argiloso (1.459 mg L^{-1}), a qual foi transformada em concentração de potássio na solução do solo (84 mg L^{-1}), utilizando as curvas de calibração dos fertilizantes. Essa concentração na solução do solo foi considerada como sendo o nível 200% e os demais níveis de potássio para o solo argiloso foram definidos relativamente a este.

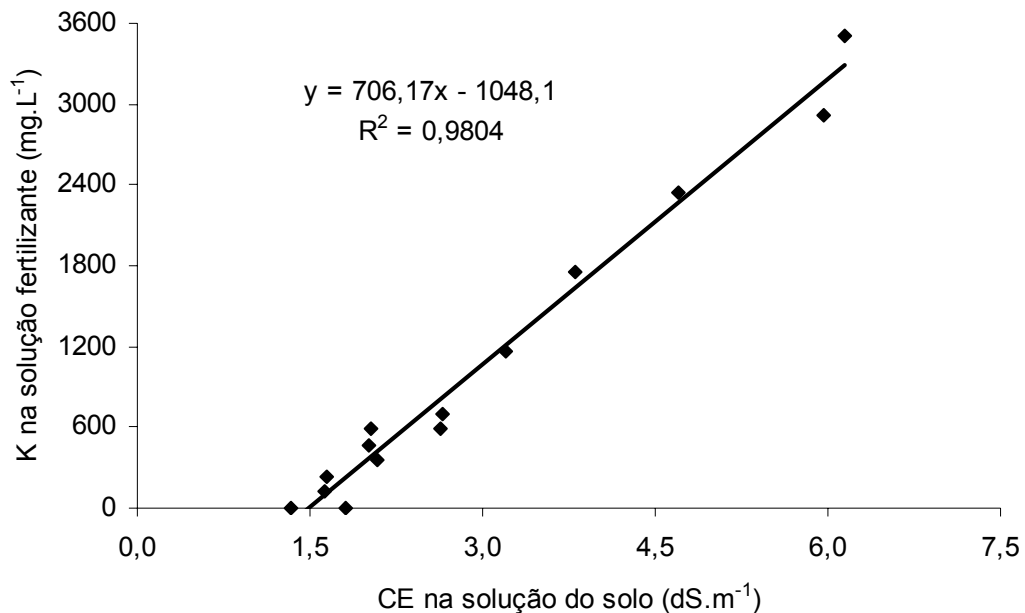


Figura 4 - Ajuste da concentração de potássio na solução fertilizante em função da condutividade elétrica (CE) na solução do solo argiloso

2.2.4 Curvas de retenção e de calibração dos tratamentos

As curvas de retenção de umidade para os dois solos foram construídas simulando uma condição real de irrigação e evaporação em casa de vegetação. Para isso, utilizaram-se os solos acondicionados nos vasos e organizados na casa de vegetação, se instalaram tensiômetros a 0,20 m de profundidade. Com o auxílio de espaguetes, o solo foi lentamente saturado e, após a drenagem livre o fornecimento de água foi cortado. Depois que o solo parou de drenar, iniciou-se as medições de umidade e tensão estendendo-se por quinze dias, aproximadamente, quando se observou uma baixa umidade no solo. Os dados de umidade de cada solo foram plotados em gráficos em função da tensão medida e equações potenciais foram ajustadas para serem usadas no cálculo da umidade do solo e manejo da irrigação (Figuras 5 e 6).

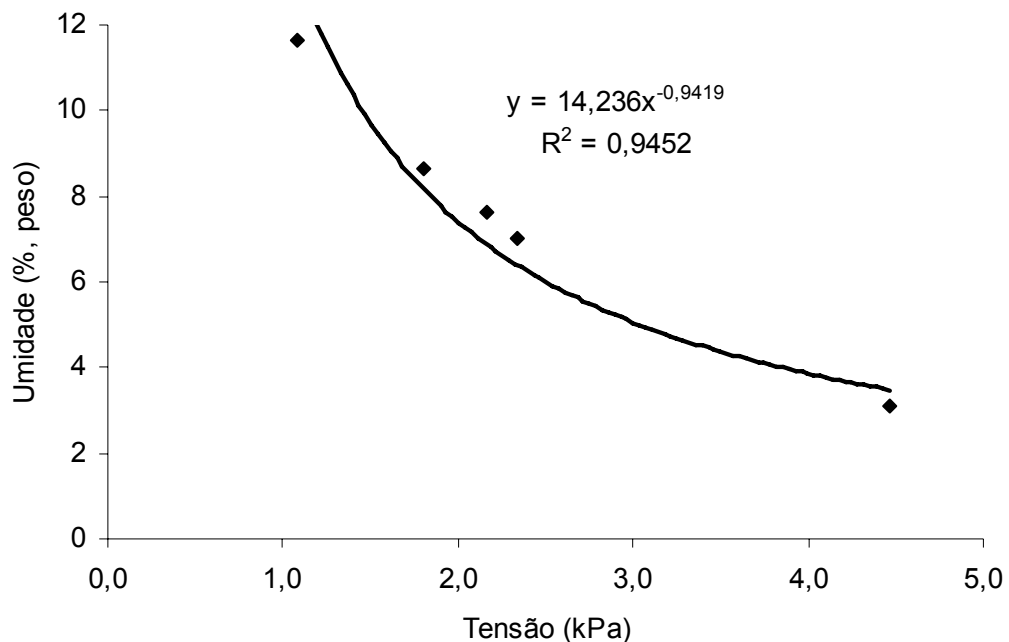


Figura 5 - Ajuste da umidade do solo em função da tensão medida no tensiômetro instalado no solo arenoso

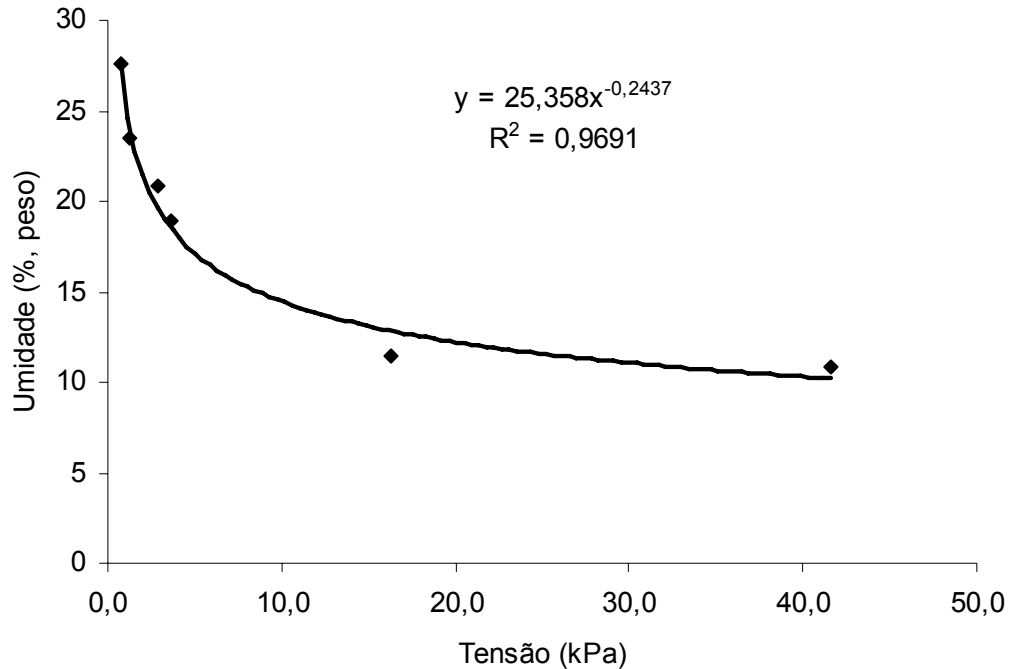


Figura 6 - Ajuste da umidade do solo em função da tensão medida no tensiômetro instalado no solo argiloso

Para que fosse possível disponibilizar na solução do solo a concentração desejada do nutriente estudado, foram construídas curvas de calibração dos tratamentos para cada tipo de solo. Esse processo consistiu em se preparar soluções com concentrações crescentes conhecidas dos nutrientes estudados (N-NO₃ e K), e aplicá-las aos solos acondicionados nos vasos com extratores instalados. O volume de solução aplicado foi ajustado para elevar a umidade do solo à máxima capacidade de retenção (capacidade de campo) e a superfície do solo foi coberta com plástico para não perder umidade. Após a adição da solução fertilizante, foi aplicado vácuo aos extratores e no dia seguinte foi retirado o extrato da solução do solo, repetindo-se a coleta por duas vezes. As concentrações de N-NO₃ e K foram medidas no extrato e, para cada solo e nutriente estudado, foi ajustada uma equação para a concentração do íon na solução fertilizante em função da concentração desse íon na solução do solo (Figuras 7, 8, 9 e 10). Essas equações foram utilizadas para calcular a concentração do nutriente na solução fertilizante necessária para repor uma determinada concentração desse nutriente na solução do solo, para ajustar ao valor do tratamento.

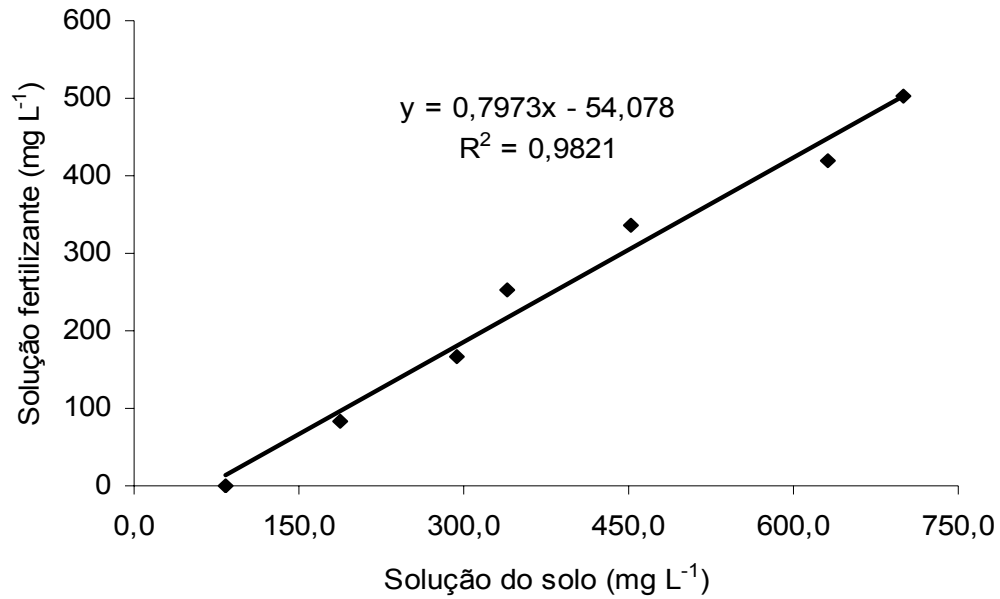


Figura 7 - Ajuste da concentração de nitrogênio na solução fertilizante em função da concentração de nitrogênio na solução do solo arenoso

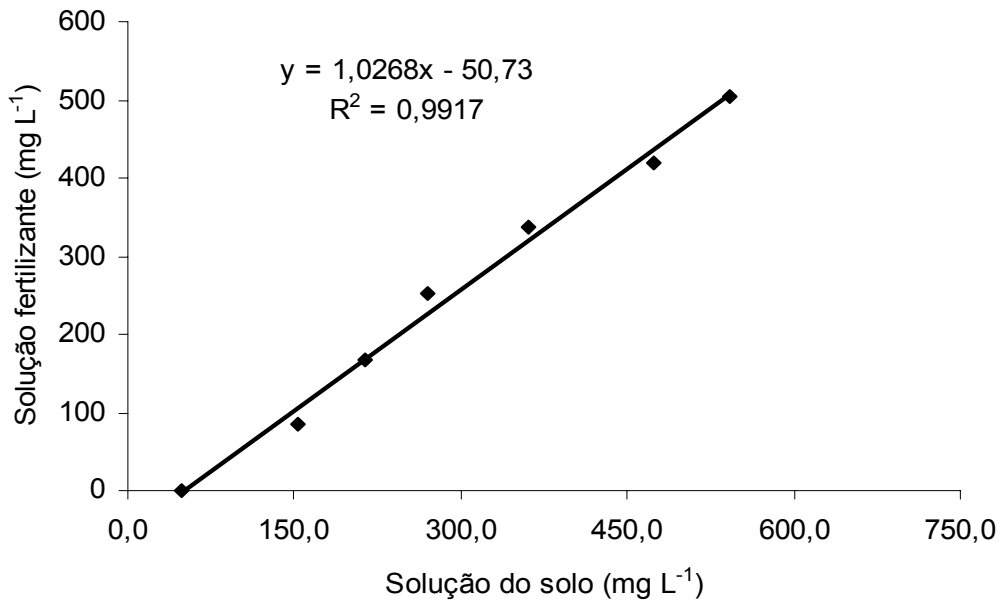


Figura 8 - Ajuste da concentração de nitrogênio na solução fertilizante em função da concentração de nitrogênio na solução do solo argiloso

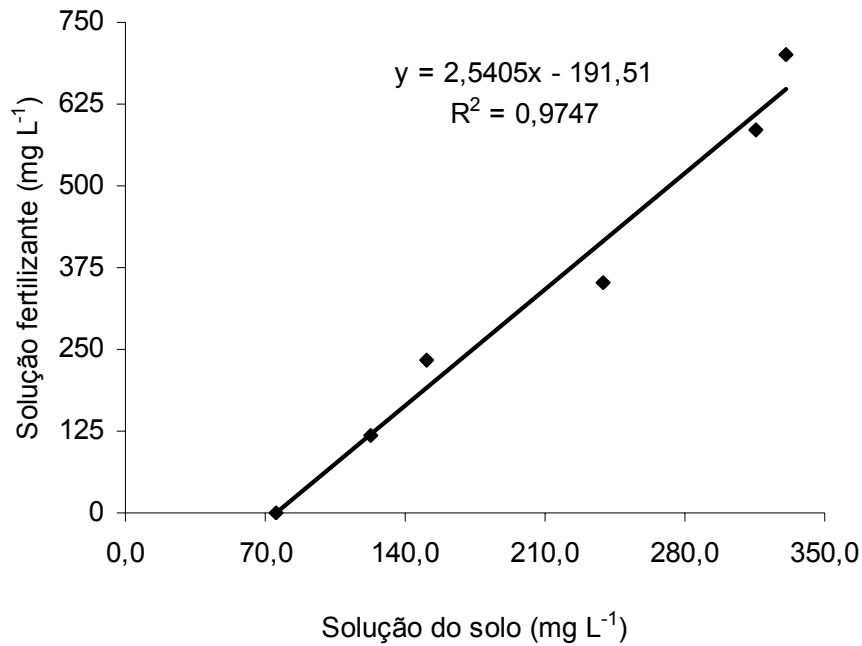


Figura 9 - Ajuste da concentração de potássio na solução fertilizante em função da concentração de potássio na solução do solo arenoso

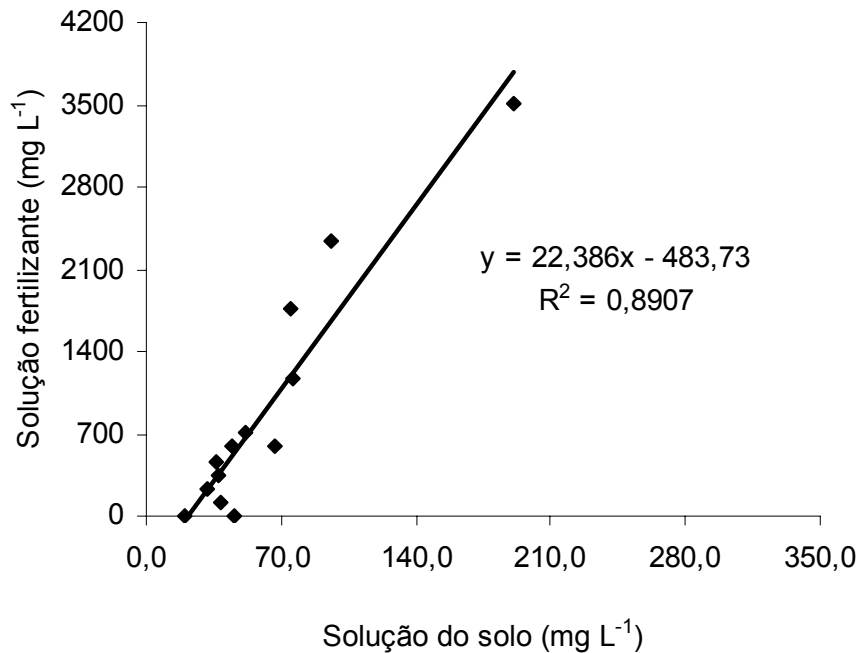


Figura 10 - Ajuste da concentração de potássio na solução fertilizante em função da concentração de potássio na solução do solo argiloso

2.2.5 Condução dos experimentos

2.2.5.1 Cultura, solos e plantio

A cultura utilizada foi o meloeiro (*Cucumis melo* L.) do tipo cantaloupe, híbrido Dom Luiz, da SACATA, o qual possui ampla aceitabilidade no mercado interno e externo. Este tipo possui casca enrugada, polpa de coloração salmão e exala cheiro quando maduro.

Os solos utilizados no experimento foram coletados em locais ainda não cultivados, sendo um do tipo Latossolo Vermelho Amarelo com textura arenosa e o outro do tipo Cambissolo Eutrófico com textura argilosa, cujas características físico-químicas são mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características físicas e químicas dos solos utilizados nos experimentos

Solo	pH	M.O. (%)	P (mg dm ⁻³)	----- (cmol _c dm ⁻³) -----					
				K	Na	Ca	Mg	Al	H
Argiloso	7,1	1,70	5,00	0,87	0,79	4,00	1,10	0,00	2,48
Arenoso	5,3	1,05	2,20	0,14	0,13	0,40	0,60	0,25	3,05
		Densidade (kg m ⁻³)		Areia		Silte		Argila	
				----- (%) -----					
Argiloso		1.300		45		25		30	
Arenoso		1.530		82		4		14	

Depois de coletados os solos, os mesmos foram destorroados e acondicionados em vasos formados por baldes plásticos de 20 L de capacidade, compactando-os o suficiente para caber 28 Kg de solo arenoso e 24 kg de solo argiloso em cada vaso. Os vasos foram dispostos em linhas no espaçamento de 1,0 x 0,5 (Figura 11).

O plantio foi realizado através de semeadura direta nos vasos no dia 23 de Abril de 2008 colocando-se quatro sementes por vaso e a germinação se deu 5 dias após.

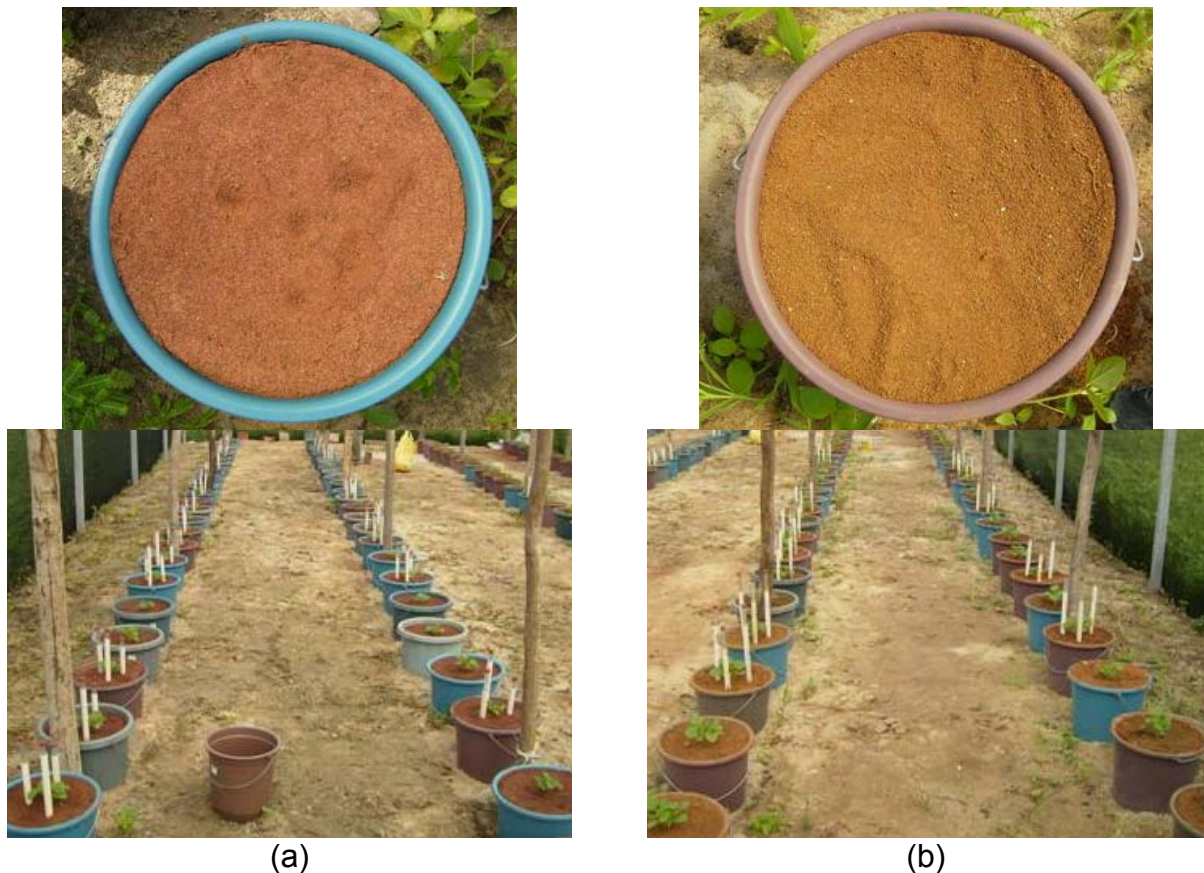


Figura 11 - Solos utilizados nos experimentos devidamente acondicionados nos vasos e distribuídos nas fileiras de cultivo: (a) solo arenoso e (b) solo argiloso

2.2.5.2 Tratos culturais

Após a germinação foi feito o raleamento das plantas deixando-se duas por vaso até a fase de floração plena e a partir dessa fase apenas uma planta. A cultura foi mantida no “limpo” fazendo-se tantas capinas quantas foram necessárias. Para o controle de pragas e doenças, adotou-se o manejo preventivo utilizando-se produtos e formulações adotadas pelos produtores da região.

A cultura foi tutorada verticalmente por fitilhos amarrados a espaldeiras verticais instaladas ao longo da linha de plantio. Os ramos laterais localizados abaixo do primeiro fio da espaldeira foram desbrotados e os demais foram conduzidos juntamente com a haste principal. A polinização foi feita manualmente, esfregando-se a flor masculina nas flores femininas e hermafroditas. Os frutos foram acomodados em redes de nylon amarradas aos fios das espaldeiras (Figura 12).



Figura 12 - Condução da cultura em espaldeiras verticais e contenção dos frutos em redes de nylon

2.2.5.3 Sistema de irrigação e manejo da água

Foi adotado um sistema de irrigação por gotejamento utilizando-se emissores do tipo espaguete com vazão controlada para $1,76 \text{ L h}^{-1}$. O sistema de irrigação foi equipado com caixa d'água suspensa com nível controlado por bóia, linha de derivação, válvulas manuais e linhas laterais. Em cada vaso foi instalado um espaguete.

O manejo da irrigação foi baseado em dados de tensão da água no solo obtidos com o auxílio de tensiômetros instalados a 0,10 e 0,20 m de profundidade (Figura 13) que foram convertidos em umidade com o auxílio das curvas característica de retenção de água no solo.



(a)



(b)

Figura 13 - Tensiômetros e extratores de solução instalados nos vasos: (a) solo arenoso e (b) solo argiloso

Dessa forma, as irrigações sempre foram realizadas para repor o volume de água necessário para elevar a umidade do solo à umidade da capacidade de campo, como segue:

$$R = (U_{cc} - U_a) \times m_s \quad (1)$$

em que:

R - Reposição de água através da irrigação, L;

U_{cc} - Umidade do solo na capacidade de campo, kg kg^{-1} ;

U_a - Umidade atual do solo, kg kg^{-1} ;

m_s - Massa de solo contida no vaso, kg.

$$T_{ir} = \frac{R}{1,76} \times 60 \quad (2)$$

em que:

T_{ir} - Tempo de irrigação, minutos.

2.2.5.4 Extração e monitoramento da solução do solo

A solução do solo foi obtida utilizando-se extratores munidos de cápsulas cerâmicas em sua extremidade inferior e borrachas especiais com vedação de silicone na extremidade superior.

Os extratores foram instalados a 0,10 e 0,20 m de profundidade e a eles foi promovida uma tensão de aproximadamente 80 kPa através da sucção do ar contido no interior do extrator. A retirada da solução dos extratores foi feita com o auxílio de uma seringa e um espaguete acoplado à seringa (Figura 14). A solução extraída foi acondicionada em recipientes plásticos para posteriormente ser analisada. Toda vez que se coletou solução do solo, fez-se antes da irrigação e também se mediu a tensão da água no solo através dos tensiômetros instalados, para que as concentrações medidas fossem corrigidas para a umidade da capacidade de campo de acordo com a equação a seguir:



Figura 14 - Coleta da solução do solo com o auxílio de seringa e espaguete, obtida através do extrator de cápsula porosa

$$C_{mc} = \frac{U_a}{U_{cc}} C_{ma} \quad (3)$$

em que:

C_{mc} - Concentração medida do nutriente corrigida para a umidade da capacidade de campo, mg L^{-1} ;

U_a - Umidade atual do solo, kg kg^{-1} ;

U_{cc} - Umidade do solo na capacidade de campo, kg kg^{-1} ;

C_{ma} - Concentração medida do nutriente na umidade atual do solo, mg L^{-1} .

2.2.5.5 Fertirrigação e manejo dos tratamentos

Inicialmente, antes do plantio, foi aplicada ao solo uma solução fertilizante contendo todos os nutrientes. Ao longo do ciclo, as aplicações dos fertilizantes nitrogenados e potássicos foram realizadas de acordo com a concentração de

nitrogênio e potássio na solução solo, e os demais, foram suprimidos nos primeiros 50 dias e posteriormente foram aplicados em todos os eventos de fertirrigação nas concentrações inicialmente adicionadas (P - 31; Ca - 160; Mg - 24 e S - 32 mg L⁻¹).

A solução do solo foi obtida mediante o uso de extratores de cápsula de cerâmica porosa e as análises de nitrogênio-nitrato foram realizadas com o uso de uma cartela de teste rápido da marca Horiba, enquanto que as de potássio foram analisadas através da fotometria de emissão de chama.

Quando se detectou, através da análise da solução do solo, uma diferença superior a 20% entre a concentração medida e a desejada, foi realizada uma aplicação de solução fertilizante com concentração calculada para atingir, na solução do solo, o valor projetado para o tratamento como segue:

$$\text{Se } \begin{cases} (C_d - C_{mc}) < 0 \Rightarrow R_c = 0 \\ (C_d - C_{mc}) < 0,2 \times C_d \Rightarrow R_c = 0 \\ (C_d - C_{mc}) \geq 0,2 \times C_d \Rightarrow R_c = C_d - C_{mc} \end{cases} \quad (4)$$

em que:

C_d - Concentração desejada do nutriente na solução do solo, mg L⁻¹;

R_c - Reposição de concentração, mg L⁻¹.

Para calcular a concentração de nitrogênio ou potássio na solução de fertirrigação necessária para atingir o valor da reposição na solução do solo, foram utilizadas as curvas de calibração dos tratamentos, como segue:

$$C_f = R_c \times f \quad (5)$$

em que:

C_f - Concentração do nutriente na solução de fertirrigação, mg L⁻¹;

f - Fator de ajuste da concentração da solução do solo para solução de fertirrigação (coeficiente angular das retas das Figuras 7, 8, 9 ou 10);

Para os demais nutrientes, o valor de C_f foi considerado como sendo o mesmo valor a ser adicionado na solução do solo, ou seja, P - 31; Ca - 160; Mg - 24 e S - 32 mg L⁻¹.

Sabendo-se a concentração do nutriente na solução de fertirrigação, calculou-se a quantidade da solução estoque que seria necessária para suprir a necessidade:

$$S_e = \frac{C_f}{n \times PA} \quad (6)$$

em que:

S_e - Quantidade da solução estoque preparada com 1 mol L⁻¹ de concentração, mL;

n - Numero de átomos do nutriente que o adubo fornece quando dissociado (ex. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, fornece um átomo de cálcio e dois de nitrogênio);

PA - Peso atômico do elemento nutriente (N - 14; P - 31; K - 39; Ca - 40; Mg - 24; S - 32).

Devido o uso de adubos com nutrientes combinados, estes foram rigorosamente balanceados para fornecer a quantidade exata, fazendo-se uso de adubos simples para completar a necessidade de cada fertirrigação.

O volume de solução aplicado em cada evento de fertirrigação foi o suficiente para elevar a umidade atual do solo à umidade da capacidade de campo. As fertirrigações foram feitas manualmente com o uso de proveta para medir o volume de solução. Quando não foi necessário aplicar adubo, aplicou-se apenas água através do sistema de irrigação.

Utilizaram-se como fertilizantes os seguintes produtos: nitrato de cálcio, cloreto de potássio, fosfato monobásico de potássio, nitrato de potássio, nitrato de sódio, cloreto de cálcio, sulfato de magnésio e ácido fosfórico.

O resumo do monitoramento da solução do solo e a quantidade de nutrientes aplicados em fertirrigação estão apresentados nos apêndices (Apêndice A ao AB).

2.2.6 Parâmetros avaliados

Tanto no solo arenoso quanto no solo argiloso, foram conduzidas, em cada vaso, duas plantas até a fase de floração plena. A partir dessa fase, uma planta foi retirada para ser avaliada e a outra permaneceu para ser avaliada no fim do ciclo de cultivo.

Com a primeira planta avaliaram-se, em ambos os solos, os seguintes parâmetros vegetativos: comprimento da haste principal, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar, área foliar média e matéria seca da parte aérea total. Os procedimentos adotados foram os seguintes:

- Comprimento da haste: após ter coletado a planta, separaram-se as folhas do caule, estendeu-se a haste em cima da bancada do laboratório e com o auxílio de uma fita graduada, mediu-se o comprimento total, expressando-se o resultado em metros;

- Diâmetro do caule: com a haste estendida em cima da bancada, mediu-se o diâmetro do colo do caule com o auxílio de um paquímetro, expressando-se o resultado em milímetros;

- Número de folhas: com as folhas destacadas das plantas e separadas do seu pecíolo, procedeu-se a contagem da quantidade de folhas que cada planta produziu, expressando-se o resultado em unidades;

- Área foliar: foi feita a integração da área do limbo foliar de todas as folhas produzidas pela planta, através de um integrador da marca LICOR modelo LI-3100, expressando-se o resultado em centímetros quadrados;

- Área foliar média: obtida através da operação de divisão entre a área foliar e o número de folhas, expressando-se o resultado em centímetros quadrados por folha;

- Matéria seca: o material foi acondicionado em sacos de papel e postos para secar em estufa de circulação forçada com temperatura regulada para 63 °C (± 1 °C) até atingirem peso constante em balança com precisão de 0,01 g e os resultados foram expressos em gramas por planta.

Com a segunda planta do solo arenoso foram avaliados os seguintes parâmetros vegetativos: comprimento da haste, número de folhas, área foliar, área foliar média,

matéria seca do caule, matéria seca das folhas e matéria seca da parte aérea total. Os procedimentos adotados foram os semelhantes aos já relatados.

Com a segunda planta do solo argiloso foram avaliados os seguintes parâmetros vegetativos: número de folhas, área foliar, área foliar média, matéria seca do caule, matéria seca das folhas, matéria seca dos frutos e matéria seca da parte aérea total. Os procedimentos adotados foram os semelhantes aos já relatados.

Os parâmetros produtivos e de qualidade só foram avaliados na segunda planta do solo argiloso, pois a segunda planta do solo arenoso não resistiu a uma aplicação de ácido fosfórico devido à acidificação excessiva do solo e foi coletada logo que se observaram os primeiros sinais de senescência. Os parâmetros produtivos e de qualidade avaliados foram: o número de frutos, a produção ou produtividade, o peso médio dos frutos, a porcentagem rendimento da superfície dos frutos, o diâmetro dos frutos, a espessura e a firmeza da polpa e os sólidos solúveis totais (°Brix). Os procedimentos adotados foram os seguintes:

- Número de frutos: contagem da quantidade de frutos produzidos por cada planta, expressando-se os resultados em número de frutos por planta;

- Produção ou produtividade: obtida através da pesagem dos frutos produzidos por cada planta, expressando os resultados em gramas por planta;

- Peso médio de frutos: obtida através da operação de divisão entre a produção e o número de frutos, expressando os resultados em gramas por fruto;

- Porcentagem de rendimento da superfície do fruto: obtida através da avaliação visual da superfície do fruto, onde dois avaliadores deram notas variando de zero a cem por cento para cada fruto avaliado;

- Espessura da polpa: abriu-se o fruto longitudinalmente e mediu-se transversalmente a polpa na região equatorial do fruto com o auxílio de régua graduada. Os resultados médios foram expressos em centímetros de polpa;

- Firmeza da polpa: com o fruto dividido longitudinalmente em duas partes, fez-se em cada uma delas duas leituras, em regiões diferentes, da resistência exercida por um penetrômetro com pluger de ponta cônica de 8 mm de diâmetro. Os resultados médios foram expressos em Newton (N);

- Sólidos solúveis totais (°Brix): foram determinados com refratômetro digital com compensação automática de temperatura. As amostras foram obtidas pela retirada de uma fatia longitudinal do fruto que foi levemente pressionada com os dedos polegar e indicador na região dos pólos e colhendo-se algumas gotas que caíam da região equatorial da fatia que foram colocadas diretamente no sensor do aparelho. Os resultados foram expressos em grau brix.

2.2.7 Análise dos dados

Com os dados coletados e tabulados foram realizadas análises prévias à análise de variância e quando foi necessário, os dados foram transformados. Realizaram-se análises de variância e de regressão desdobrando-se todos os efeitos lineares e quadráticos dos tratamentos e suas interações, em efeitos de regressão (Tabela 2). Foram considerados significativos os efeitos com $p \leq 0,05$. Com os efeitos de regressão significativos, foi construído o modelo matemático para explicar o comportamento dos dados e, em seguida, obteve-se a equação de regressão. Todas essas análises foram feitas utilizando os procedimentos do aplicativo SAS - sistema de análises estatísticas.

As estimativas dos parâmetros dos modelos ajustados foram submetidas ao teste F com o auxílio do aplicativo FCalcw para identificar o nível de significância ($p \leq 0,05$) de cada parâmetro em função do quadrado médio do resíduo da análise de variância.

Tabela 2 - Esquema da análise de variância e do desdobramento dos efeitos da regressão para os parâmetros avaliados

Fontes de variação	GL
Tratamentos	[12]
Nitrogênio Linear (N)	1
Potássio Linear (K)	1
Nitrogênio Quadrático (N^2)	1
Potássio Quadrático (K^2)	1
Interação (N*K)	1
Interação (N^2*K)	1
Interação ($N*K^2$)	1
Interação (N^2*K^2)	1
Independente da regressão	4
Resíduo	39

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Manejo da irrigação

2.3.1.1 Solo arenoso

O volume de água aplicado às plantas cultivadas no solo arenoso está apresentado nas Figuras 15, 16, 17 e 18, por tratamento utilizado. No início do experimento, como as plantas apresentavam praticamente o mesmo tamanho entre os diferentes tratamentos, para facilitar o manejo da irrigação, aplicou-se o mesmo volume de água em todos os tratamentos. A partir dos 22 dias após a semeadura, começou-se a aplicar água de acordo com as leituras dos tensiômetros, podendo ser observado nas figuras o início da diferenciação no consumo de água.

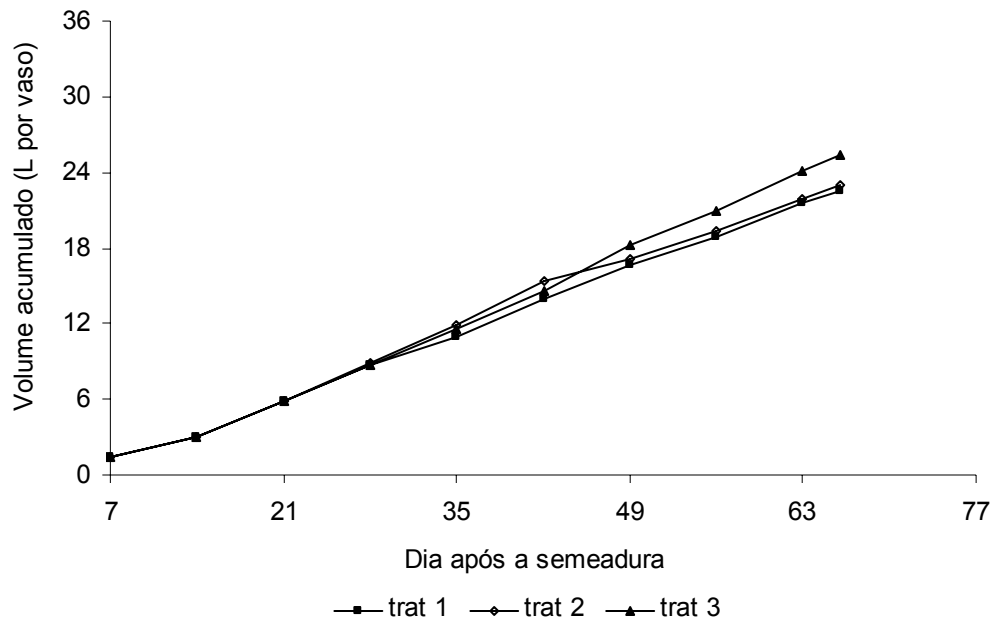


Figura 15 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo arenoso (trat 1: N = 0 e K = 0; trat 2: N = 0 e K = 234; trat 3: N = 0 e K = 468 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura

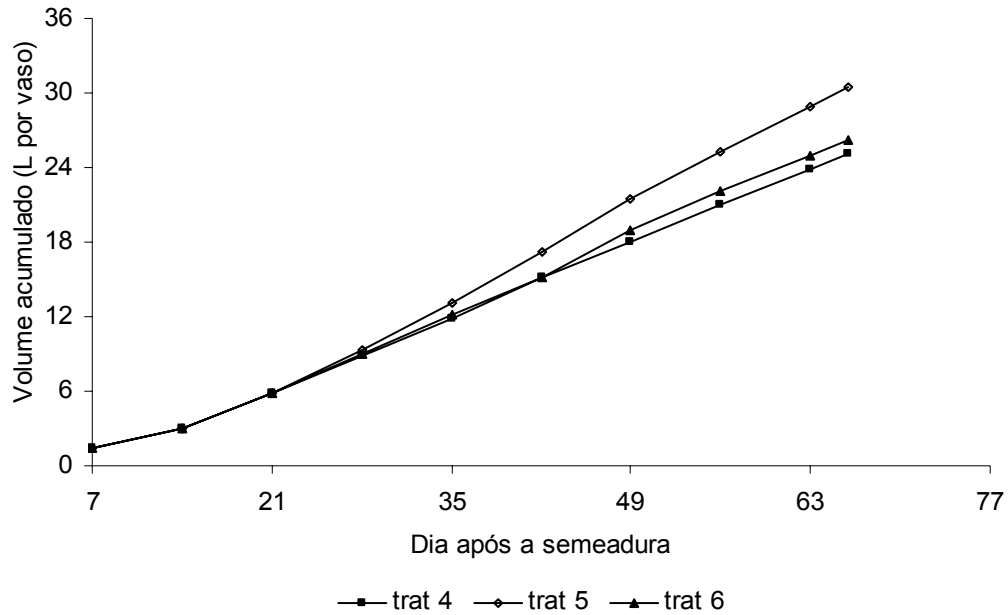


Figura 16 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo arenoso (trat 4: N = 84 e K = 117; trat 5: N = 84 e K = 351; trat 6: N = 168 e K = 0 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura

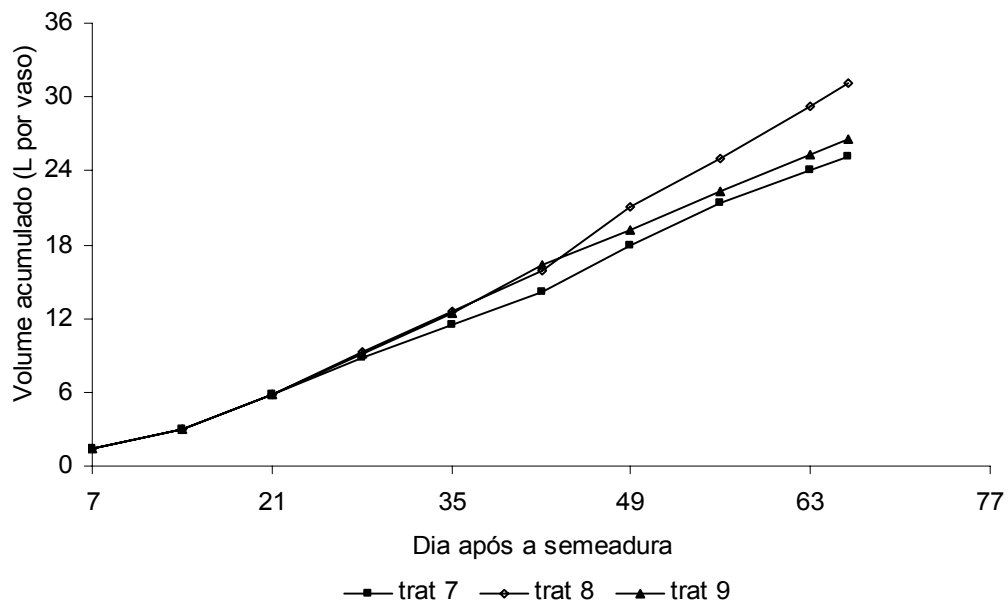


Figura 17 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo arenoso (trat 7: N = 168 e K = 234; trat 8: N = 168 e K = 468; trat 9: N = 252 e K = 117 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura

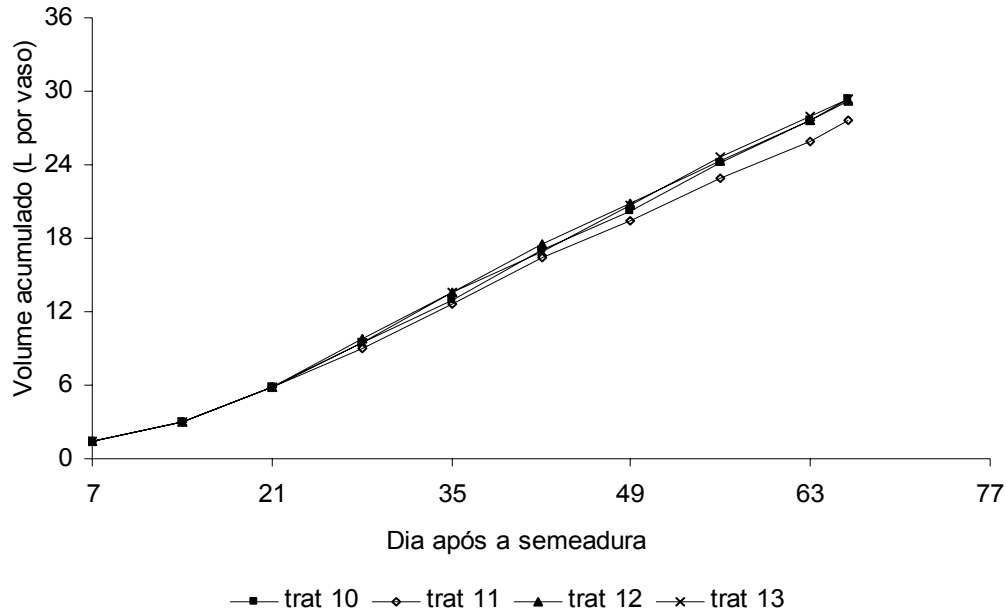


Figura 18 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo arenoso (trat 10: N = 252 e K = 351; trat 11: N = 336 e K = 0; trat 12: N = 336 e K = 234; trat 13: N = 336 e K = 468 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura

Os tratamentos 5 (N = 84 e K = 351 mg L⁻¹) e 8 (N = 168 e K = 468 mg L⁻¹) se destacaram dos demais em relação ao consumo de água, o que indica que esses tratamentos tiveram plantas mais desenvolvidas que os demais, podendo ser comprovado mais adiante através da área foliar dessas plantas. Existe uma relação direta entre a evapotranspiração e o crescimento, ou seja, a evapotranspiração é máxima, e da mesma forma o crescimento, quando a necessidade hídrica da planta é plenamente satisfeita (DOORENBOS; KASSAM, 1994).

A diferença de consumo de água evidenciou-se à medida que os dias passaram, sendo que os consumos mínimo e máximo observado até os 66 dias após foram, respectivamente de 22,5 litros de água no tratamento 1 e 31,1 litros de água no tratamento 8. Dias (2004) e Dias et al. (2005), também observaram diferenças no consumo entre os tratamentos com o tempo, principalmente quando se faz a fertirrigação através do manejo controlado da salinidade do solo.

2.3.1.2 Solo argiloso

O volume de água aplicado às plantas cultivadas no solo argiloso está apresentado nas Figuras 19, 20, 21 e 22 por tratamento utilizado. Da mesma forma que ocorreu no solo arenoso, do início do experimento até os 22 dias após a semeadura, para facilitar o manejo da irrigação, aplicou-se o mesmo volume de água em todos os tratamentos. A partir dos 22 dias após a semeadura começou-se a aplicar água de acordo com as leituras dos tensiômetros, podendo ser observado nas figuras o início da diferenciação no consumo de água.

Destaca-se claramente dos demais, o tratamento 8 ($N = 168$ e $K = 84 \text{ mg L}^{-1}$) que teve baixo crescimento no consumo de água até os 56 dias após a semeadura, começando a reagir a partir dessa data atingindo no final do ciclo o patamar dos tratamentos 2 ($N = 0$ e $K = 42 \text{ mg L}^{-1}$) e 3 ($N = 0$ e $K = 84 \text{ mg L}^{-1}$) e superando o tratamento 1 ($N = 0$ e $K = 0 \text{ mg L}^{-1}$). Isso pode ser explicado pelo fato de as plantas do tratamento 8 terem se desenvolvido muito lentamente em relação às demais.

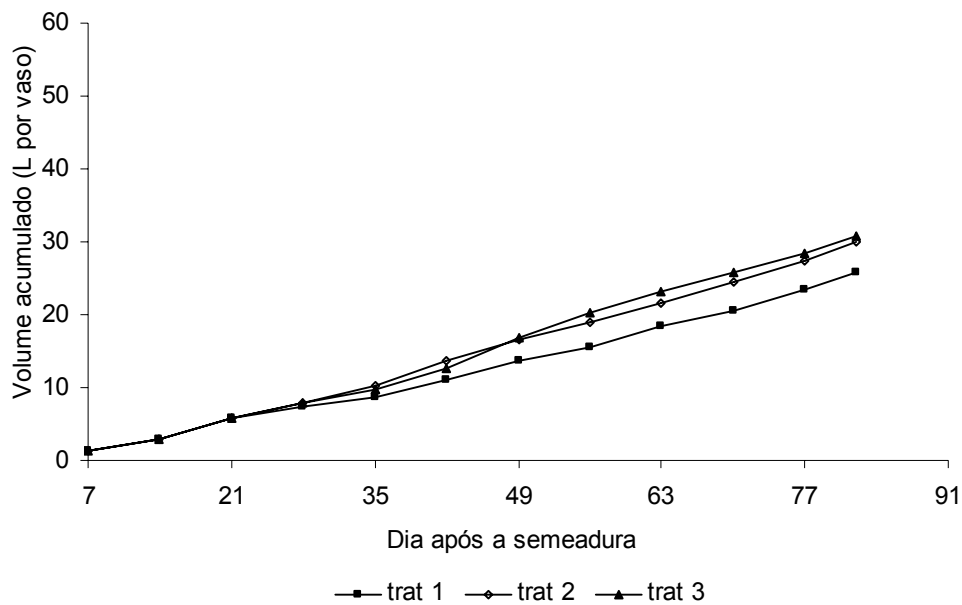


Figura 19 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo argiloso (trat 1: $N = 0$ e $K = 0$; trat 2: $N = 0$ e $K = 42$; trat 3: $N = 0$ e $K = 84 \text{ mg L}^{-1}$ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura

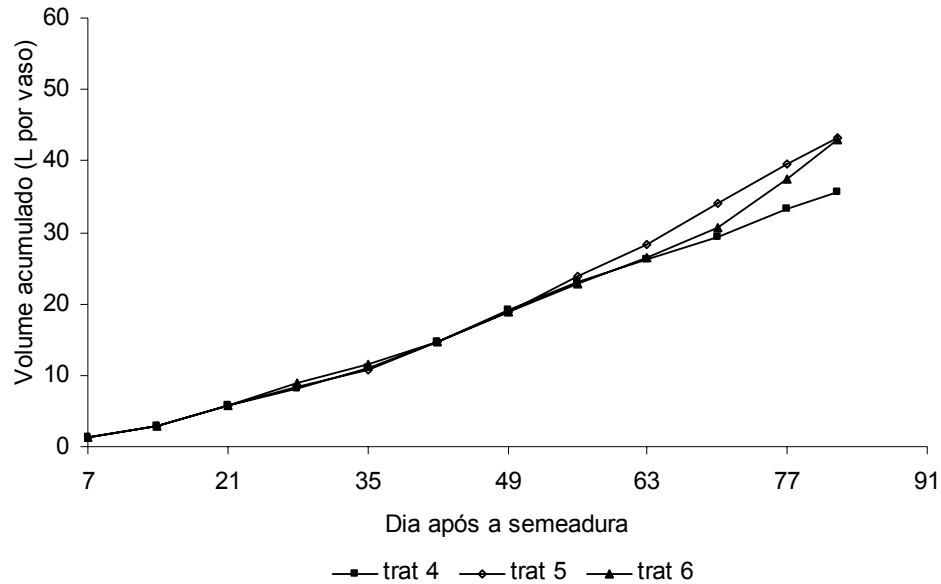


Figura 20 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo argiloso (trat 4: N = 84 e K = 21; trat 5: N = 84 e K = 63; trat 6: N = 168 e K = 0 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura

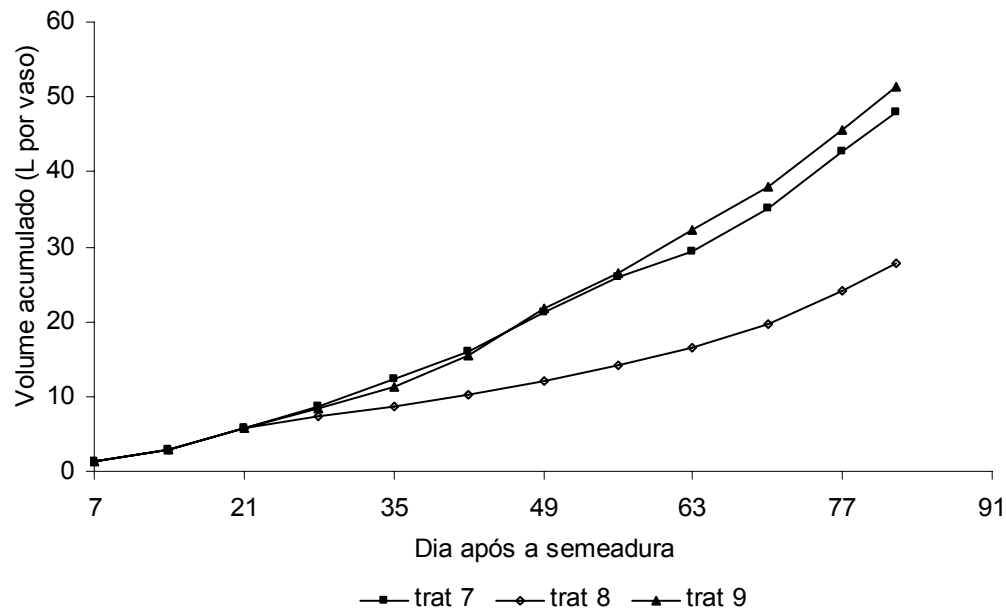


Figura 21 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo argiloso (trat 7: N = 168 e K = 42; trat 8: N = 168 e K = 84; trat 9: N = 252 e K = 21 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura

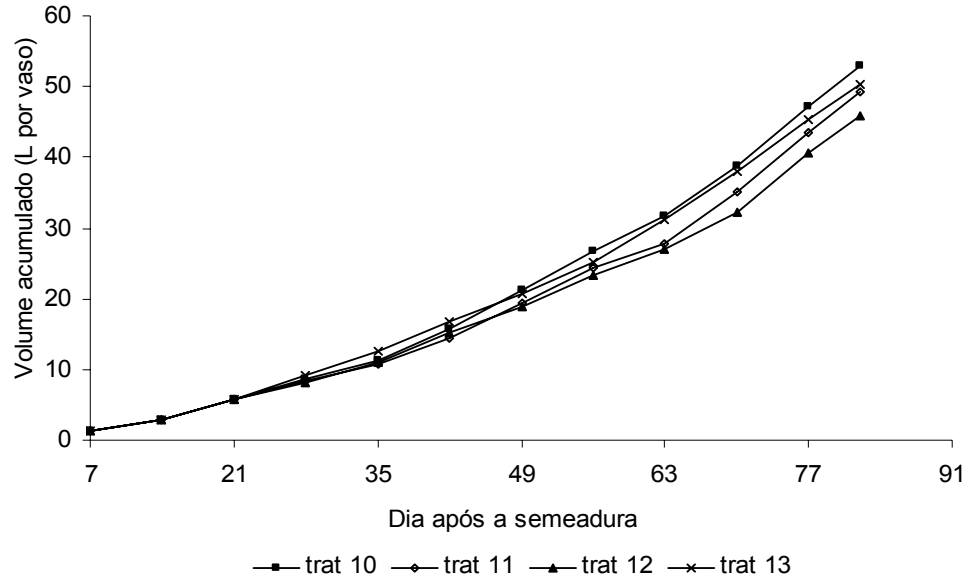


Figura 22 - Volume de água aplicado nos tratamentos das plantas do solo argiloso (trat 10: N = 252 e K = 63; trat 11: N = 336 e K = 0; trat 12: N = 336 e K = 42; trat 13: N = 336 e K = 84 mg L⁻¹ na solução do solo) acumulada em função de dia após a semeadura

Tal como observado para o solo arenoso, a diferença de consumo de água evidenciou-se à medida que os dias passaram, sendo que os consumos mínimo e máximo acumulado os 82 dias após foram, respectivamente de 25,7 litros de água no tratamento 1 e 53,0 litros no tratamento 10.

2.3.2 Desenvolvimento vegetativo da cultura

2.3.2.1 Solo arenoso

O comprimento da haste principal das plantas de meloeiro medida aos 53 dias após a semeadura aumentou com o aumento das concentrações de nitrogênio, atingindo um ponto de máximo; entretanto, quando se aumentou as concentrações de potássio, houve uma redução do comprimento da haste atingindo um ponto de mínimo. Esse comportamento é chamado de ponto de sela, em que a variável cresce com um

fator e, concomitantemente, decresce com o outro fator de estudo, e o ponto crítico da função é ao mesmo tempo máximo e mínimo. Assim, a análise da superfície de resposta para obtenção do ponto ótimo se dar algebricamente estudando-se a função para os valores extremos do fator que diminui o valor da variável, que neste caso é o potássio. Dessa forma, para as condições em que se deu o experimento, o comprimento da haste principal aos 53 dias após a semeadura é máximo para a combinação de 120 e 468 mg L⁻¹ respectivamente de nitrogênio e potássio na solução do solo, cujo valor é de 0,94 m (Tabela 3).

Estudando a aplicação de CO₂ na água de irrigação do meloeiro em ambiente protegido com solo franco-arenoso, D’Albuquerque Júnior (2003) encontrou alturas de plantas aos 39 dias após o transplântio da ordem de 2,0 m. Já Monteiro (2007), estudando a influência do gotejamento subterrâneo e do “mulching” plástico na cultura do melão em ambiente protegido, encontrou em solo de textura franco-arenosa, aos 43 dias após o transplântio, alturas de plantas variando de 1,66 a 1,99 m. Por outro lado, Rizzo; Qijano e Laura (2000) encontraram altura média de plantas de melão Bônus 2 aos 45 dias após o transplântio de 1,59 m.

Tabela 3 - Comprimento da haste principal das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 53 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo arenoso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	117	234	351	468	
Comprimento da haste (m)						
0	0,68		0,70		0,75	0,71
84		0,67		0,88		0,77
168	0,85		0,67		0,97	0,83
252		0,59		0,62		0,60
336	0,76		0,62		0,57	0,65
Média	0,76	0,63	0,66	0,75	0,76	0,71
Equação:	$Y^{**} = 0,717^{**} + 0,00032^{ns}N - 0,00085^{**}K - 0,00000055^{ns}N^2 + 0,0000023^{**}K^2 + 0,0000038^{**}NK - 0,000000017^{**}N^2K$					R ² = 0,700

* e ** : Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Os valores encontrados na literatura para esta fase de desenvolvimento das plantas de meloeiro, estão todos acima do valor médio e do valor máximo projetado para as condições desse estudo, o que mostra que as plantas tiveram um crescimento mais lento.

O diâmetro do caule das plantas de meloeiro medido aos 53 dias após a semeadura (Tabela 4), aumentou com o aumento das concentrações de nitrogênio até atingir um ponto de máximo, entretanto quando se aumentou as concentrações de potássio, o diâmetro do caule aumentou de forma linear até o limite superior de concentração estudado para este nutriente. Dessa forma, a combinação de concentrações dos nutrientes estudados que resulta no maior diâmetro do caule é 100 e 468 mg L⁻¹, respectivamente de nitrogênio e potássio na solução do solo, cujo valor é de 6,66 mm.

Tabela 4 - Diâmetro do caule das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 53 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo arenoso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	117	234	351	468	
Diâmetro do caule (mm)						
0	6,80		6,43		5,80	6,34
84		6,55		7,68		7,11
168	6,05		6,20		7,23	6,49
252		6,10		5,95		6,03
336	6,05		6,25		5,43	5,91
Média	6,30	6,33	6,29	6,81	6,15	6,38
Equação:	$Y^{**} = 6,48^{**} + 0,0033^{*}N + 0,000023^{*}K - 0,000016^{**}N^2$					$R^2 = 0,299$

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Dias (2004) e Dias et al. (2006a), estudando o efeito da salinidade produzida pela adição de fertilizantes em solo arenoso, encontrou que em todas as épocas de avaliação o diâmetro do colo diminuiu linearmente do menor nível de salinidade para o

maior nível, o que sugere que o aumento da concentração dos fertilizantes na solução do solo teve efeito negativo sobre esta variável. Os valores médios observados aos 55 dias após o transplante variaram de aproximadamente 8,0 até próximo de 11,0 mm. Monteiro (2007), encontrou aos 43 dias após o transplante, diâmetros do colo das plantas variando de 9,4 a 11,0 mm e D'Albuquerque Júnior (2003) encontrou aos 39 dias após o transplante valores próximo a 12,0 mm. Estes valores estão acima do valor máximo estimado e próximo a alguns valores médios observados neste experimento; isso reforça a hipótese de que as plantas tiveram um crescimento mais lento.

O número de folhas das plantas de meloeiro avaliado aos 53 dias após a semeadura, aumentou quando se incrementaram as concentrações de nitrogênio e de potássio, atingindo um ponto de máximo absoluto para a combinação desses dois nutrientes. Para esta variável a combinação de 160 e 250 mg L⁻¹, respectivamente de nitrogênio e potássio na solução do solo, resulta em 22 folhas que é o número máximo de folhas para as condições experimentais (Tabela 5).

A área foliar medida na mesma época, apresentou um comportamento diferente, aumentando com o incremento do nitrogênio até atingir um ponto de máximo e diminuindo com o aumento do potássio até atingir um ponto de mínimo. Esse comportamento é chamado de ponto de sela, em que a variável cresce com um fator e, concomitantemente, decresce com o outro fator de estudo, e o ponto crítico da função é ao mesmo tempo máximo e mínimo. Nesse caso, o valor máximo para a variável se encontra nos extremos da superfície para as concentrações de potássio. Assim, a área foliar máxima observada foi de 1.027 cm², obtida quando se utiliza 55 e 468 mg L⁻¹, respectivamente de nitrogênio e potássio na solução do solo (Tabela 5).

Já a área foliar média para o mesmo período diminuiu linearmente com o aumento das concentrações de nitrogênio e de forma quadrática quando se aumentaram as concentrações de potássio, atingindo um ponto mínimo. Entretanto, devido a existência da interação entre os nutrientes, a combinação de nitrogênio e potássio na solução do solo que resulta em área foliar média máxima é de 336 e 468 mg L⁻¹, respectivamente, cujo valor é da ordem de 61,34 cm² (Tabela 5).

Tabela 5 - Número de folhas, área foliar e área foliar média das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 53 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo arenoso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	117	234	351	468	
Número de folhas						
0	22,50		20,75		13,75	19,00
84		18,25		20,25		19,25
168	20,25		22,00		29,25	23,83
252		14,50		20,25		17,38
336	16,25		25,50		14,25	18,67
Média	19,67	16,38	22,75	20,25	19,08	19,63
Equação:	$Y^{**} = 18,49^{**} + 0,0307^{**} N + 0,0096^{ns} K - 0,000107^{**} N^2 - 0,000021^{ns} K^2 + 0,00000004^{ns} N^2 K$					R ² = 0,486
Área foliar (cm ²)						
0	968,00		794,00		703,75	821,92
84		714,25		944,25		829,25
168	921,25		849,25		1.369,75	1.046,75
252		541,75		651,25		596,50
336	635,50		920,25		550,00	701,92
Média	841,58	628,00	854,50	797,75	874,50	799,27
Equação:	$Y^{**} = 875,13^{**} + 1,69^{**} N - 2,05^{**} K - 0,0076^{**} N^2 + 0,0049^{**} K^2 + 0,000029^{**} N^2 K - 0,0000001^{**} N^2 K^2$					R ² = 0,766
Área foliar média (cm ²)						
0	43,94		40,85		52,21	45,66
84		38,78		46,12		42,45
168	45,61		38,47		47,30	43,80
252		37,53		32,18		34,86
336	39,18		36,23		38,11	37,84
Média	42,91	38,16	38,52	39,15	45,87	40,92
Equação:	$Y^{**} = 44,31^{**} - 0,0092^{ns} N - 0,037^{**} K + 0,00012^{**} K^2 - 0,000073^{**} NK$					R ² = 0,822

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo.

Estudando a aplicação de CO₂ na água de irrigação do meloeiro, D'Albuquerque Júnior (2003) encontrou áreas foliares aos 39 dias após o transplante em torno de 16.000 cm², valor este que é em torno de 16 vezes superior ao máximo estimado para este experimento, confirmando que as plantas pouco se desenvolveram nesse período. Uma provável explicação para esses resultados, é o fato de ter sido omitida a aplicação dos demais nutrientes na solução de fertirrigação durante esse período, que associada à baixa CTC do solo causou um estresse nutricional.

Aos 66 dias após a semeadura, o comprimento da haste principal aumentou juntamente com as concentrações de nitrogênio até atingir um ponto máximo; entretanto, quando se aumentaram as concentrações de potássio, o comprimento da haste aumentou linearmente. O comportamento desta variável também foi influenciado por interações entre o nitrogênio e o potássio. Com isso, a análise da superfície de resposta para identificar o maior comprimento da haste, resulta em uma haste de 1,46 m quando se utiliza 135 e 468 mg L⁻¹ de nitrogênio e potássio, respectivamente, na solução do solo (Tabela 6). Os dados médios observados refletem, aproximadamente, a mesma tendência daqueles observados aos 53 dias no que diz respeito à literatura.

Tabela 6 - Comprimento da haste principal das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 66 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo arenoso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	117	234	351	468	
Comprimento da haste						
0	1,09		1,11		1,22	1,14
84		1,19		1,65		1,42
168	1,31		1,28		1,39	1,33
252		0,95		1,24		1,10
336	1,22		1,23		1,01	1,15
Média	1,21	1,07	1,21	1,45	1,20	1,23
Equação:	$Y^{**} = 1,10^{**} + 0,00064^{ns}N + 0,00036^{**}K - 0,0000011^{ns}N^2 + 0,0000051^{*}NK - 0,000000022^{**}N^2K$					R ² = 0,453

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

O número de folhas das plantas de meloeiro avaliado aos 66 dias após a semeadura, aumentou quando se incrementaram as concentrações de nitrogênio, atingindo um ponto de máximo, sendo que as concentrações de potássio não influenciaram significativamente o número de folhas nesse período. Com isso, a obtenção de um maior número de folhas depende apenas da adição de nitrogênio na solução do solo, que corresponde a 180 mg L^{-1} para um número de aproximadamente 34 folhas. Quanto à concentração de potássio, pode-se definir, pelo lado da economia de fertilizante, como sendo zero de adição em fertirrigação, ou seja, o próprio solo fornecerá a concentração adequada de potássio para obtenção do maior número de folhas neste período (Tabela 7).

A área foliar apresentou um comportamento diferente, aumentando com o incremento do nitrogênio até atingir um ponto de máximo e diminuiu com o aumento do potássio até atingir um ponto de mínimo. Assim, a análise algébrica da superfície de resposta para identificar o ponto ótimo da função indica que, com o uso de 225 e 468 mg L^{-1} , respectivamente de nitrogênio e potássio na solução do solo, produz-se uma área foliar de $1.806,8 \text{ cm}^2$ que é o maior valor obtido pela função para os limites estudados (Tabela 7).

Para a área foliar média, o incremento das concentrações de nitrogênio aumentou com o valor da função até atingir um máximo, enquanto que, quando se aumentaram as concentrações de potássio, o crescimento da área foliar média foi linear. Quando ocorre esse comportamento, como ocorrido em outros casos, o ponto ótimo da função encontra-se nas bordas da superfície para o limite máximo da concentração de potássio (468 mg L^{-1}), assim, para que seja obtida a maior área foliar média, da ordem de $74,45 \text{ cm}^2$, é necessário que se utilize 235 mg L^{-1} de nitrogênio na solução do solo (Tabela 7).

Tabela 7 - Número de folhas, área foliar e área foliar média das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 66 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo arenoso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	117	234	351	468	
Número de folhas						
0	27,75		27,75		25,00	26,83
84		35,00		32,75		33,88
168	33,50		31,25		34,00	32,92
252		22,00		31,00		26,50
336	28,75		33,50		30,25	30,83
Média	30,00	28,50	30,83	31,88	29,75	30,19
Equação:	$Y^{**} = 28,01^{**} + 0,043^{**}N - 0,00012^{**}N^2$					$R^2 = 0,170$
Área foliar (cm ²)						
0	1.081,50		1.352,50		1.158,25	1.197,42
84		1.400,00		1.745,00		1.572,50
168	1.843,75		2.022,25		2.745,50	2.203,83
252		934,00		1.862,50		1.398,25
336	1.039,75		1.707,50		2.076,00	1.607,75
Média	1.321,67	1.167,00	1.694,08	1.803,75	1.993,25	1.595,95
Equação:	$Y^{**} = 1148,42^{**} + 6,42^{**}N - 0,96^{ns}K - 0,021^{**}N^2 + 0,0031^{ns}K^2 + 0,0066^{**}NK$					$R^2 = 0,675$
Área foliar média (cm ²)						
0	39,28		48,20		47,01	44,83
84		40,32		54,42		47,37
168	53,91		64,52		82,79	67,07
252		43,68		60,47		52,08
336	36,37		50,45		70,43	52,42
Média	43,19	42,00	54,39	57,45	66,74	52,75
Equação:	$Y^{**} = 37,51^{**} + 0,14^{**}N + 0,025^{**}K - 0,00045^{**}N^2 + 0,00016^{**}NK$					$R^2 = 0,781$

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

O estudo do comportamento da matéria seca aos 66 dias após a semeadura, mostrou que a matéria seca do caule aumentou quando se incrementaram as concentrações de nitrogênio, atingindo um ponto de máximo, e que quanto se aumentou a concentração de potássio na solução do solo, ela aumentou de forma quadrática, mas sem que fosse observada a inversão da função, ou seja, sem atingir um ponto máximo. Assim, a maior quantidade de matéria seca acumulada no caule foi observada para a combinação de 195 e 468 mg L⁻¹ de nitrogênio e potássio na solução do solo, cujo valor foi de 6,28 gramas por planta (Tabela 8).

Para a matéria seca acumulada pelas folhas, observou-se que a interação ocorrida entre os fatores estudados, resultou no comportamento descrito anteriormente como ponto de sela. Analisando-se a superfície de resposta da mesma forma, encontra-se que a maior matéria seca acumulada pelas folhas foi de 7,50 gramas por planta quando se utiliza a combinação de 115 e 468 mg L⁻¹ de nitrogênio e potássio, respectivamente na solução do solo (Tabela 8).

Quando se estudou a matéria seca da parte aérea total, observou-se também o mesmo efeito das concentrações de nitrogênio e potássio, ou seja, ocorrência simultânea, devido à interação, de aumento da matéria seca com o aumento do nitrogênio da solução do solo e diminuição da matéria seca com o aumento do potássio na solução do solo. Com isso, o ponto ótimo da função se dar com a manutenção de 155 mg L⁻¹ de nitrogênio e 468 mg L⁻¹ de potássio na solução do solo, que resulta em aproximadamente 13 gramas de matéria seca acumulada em cada planta (Tabela 8).

Tabela 8 - Matéria seca do caule, matéria seca das folhas e matéria seca da parte aérea total das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 66 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo arenoso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	117	234	351	468	
Matéria seca do caule (g por planta)						
0	3,09		4,77		4,00	3,95
84		3,96		4,84		4,40
168	4,63		4,76		7,45	5,61
252		3,05		5,17		4,11
336	3,69		4,73		5,52	4,65
Média	3,81	3,50	4,75	5,01	5,66	4,54
Equação:	$Y^{**} = 3,08^{**} + 0,012^{**}N + 0,0010^{ns}K - 0,000032^{**}N^2 + 0,0000070^{*}K^2$					R ² = 0,602
Matéria seca das folhas (g por planta)						
0	4,82		3,88		4,88	4,53
84		4,81		6,91		5,86
168	5,38		4,65		8,03	6,02
252		4,01		4,78		4,39
336	3,97		5,07		3,32	4,12
Média	4,72	4,41	4,53	5,85	5,41	4,98
Equação:	$Y^{**} = 5,10^{**} + 0,0010^{ns}N - 0,0088^{**}K - 0,000013^{ns}N^2 + 0,000019^{**}K^2 + 0,00000012^{**}N^2K + 0,00000018^{**}NK^2 - 0,000000001^{**}N^2K^2$					R ² = 0,835
Matéria seca da parte aérea total (g por planta)						
0	7,91		8,65		8,87	8,48
84		8,77		11,76		10,26
168	10,01		9,41		15,49	11,64
252		7,05		9,95		8,50
336	7,66		9,80		8,84	8,77
Média	8,53	7,91	9,29	10,85	11,07	9,53
Equação:	$Y^{**} = 7,21^{**} + 0,029^{**}N - 0,00099^{ns}K - 0,000083^{**}N^2 + 0,000018^{**}K^2 - 0,000000026^{ns}N^2K$					R ² = 0,643

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo.

2.3.2.2 Solo argiloso

A primeira planta estudada no solo argiloso (aos 31 dias após a semeadura) teve o comprimento da haste principal influenciado tanto pelo aumento da concentração de nitrogênio na solução do solo, quanto pelo aumento da concentração de potássio, bem como pela interação desses dois nutrientes. Para o nitrogênio o efeito foi negativo, ou seja, diminuiu até atingir um ponto mínimo, aumentando posteriormente. Já para o potássio, o efeito foi positivo, aumentando com as concentrações de potássio na solução do solo até atingir um ponto de máximo. O efeito simultâneo de crescimento para um fator e decrescimento para outro resulta em um ponto crítico que nem é máximo nem é mínimo. Com isso, os valores dos fatores que torna máxima a função é a manutenção de 336 mg L⁻¹ de nitrogênio e 18 mg L⁻¹ de potássio na solução do solo, cujo valor é da ordem de 0,91 m (Tabela 9).

Tabela 9 - Comprimento da haste principal das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 31 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	21	42	63	84	
	Comprimento da haste					
0	0,68		0,70		0,78	0,72
84		0,79		0,92		0,85
168	0,91		0,79		0,07	0,59
252		0,73		0,90		0,81
336	0,88		0,86		0,91	0,88
Média	0,82	0,76	0,78	0,91	0,59	0,77
Equação:	$Y = 0,78^{**} - 0,0014^{**}N + 0,0075^{**}K + 0,0000052^{**}N^2 - 0,00012^{**}K^2 - 0,000000058^{**}N^2K + 0,000000009^{**}N^2K^2$					R ² = 0,450

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo.

Monteiro (2007), estudando a influência do gotejamento subterrâneo e do “mulching” plástico na cultura do melão em ambiente protegido, encontrou para o solo de textura argilosa aos 29 dias após o transplântio, alturas de plantas variando de 0,62 a 1,17 m. Já Vásquez (2003) estudando o efeito da fertirrigação com diferentes doses de potássio e lâminas de irrigação em gotejamento superficial e subsuperficial, encontrou para as doses de potássio estudadas, alturas médias de plantas variando de 0,46 a 0,65 m aos 24 dias após o transplântio e de 0,60 a 0,81 m aos 31 dias após o transplântio. Por outro lado, Rizzo; Quijano e Laura (2000) encontraram altura média das plantas aos 45 dias após o transplântio de 1,59 m, enquanto que Cardoso (2002), aos 38 dias após o transplântio, encontrou altura de 2,10 m.

Observa-se, portanto, que os comprimentos médios da haste principal para o solo argiloso obtidos neste experimento estão dentro da faixa de variação observada por outras pesquisas, o que indica que as plantas tiveram melhores condições de desenvolvimento no solo argiloso do que no solo arenoso, talvez pela maior fertilidade natural observada para este solo.

O diâmetro do caule avaliado na primeira planta, apresentou efeito de interações das concentrações de nitrogênio e potássio na solução do solo e cresceu, tanto com o incremento do nitrogênio quanto com o incremento do potássio disponível na solução do solo. O efeito para os dois fatores foi quadrático, entretanto devido às interações a função assume um valor máximo de 8,58 mm para a combinação da adição de 0 mg L⁻¹ de nitrogênio em fertirrigação e manutenção de 84 mg L de potássio na solução do solo (Tabela 10).

No estudo de Monteiro (2007), os valores de diâmetro do colo das plantas observados aos 29 dias após o transplântio, variaram de 5,8 a 8,2 mm, enquanto que no estudo de Dias (2004), os valores médios observados aos 34 dias após o transplântio variaram entre 7,0 e 9,0 mm. Como os valores observados para esta variável estão dentro da variação observada por outros pesquisadores, temos, mais uma vez, indícios de que as plantas tiveram uma melhor nutrição neste solo.

Tabela 10 - Diâmetro do caule das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 31 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	21	42	63	84	
Diâmetro do caule (mm)						
0	7,58		7,58		8,63	7,93
84		7,80		7,48		7,64
168	7,73		7,88		3,85	6,48
252		7,35		7,75		7,55
336	8,10		7,78		8,28	8,05
Média	7,80	7,58	7,74	7,61	6,92	7,53
Equação:	$Y^{**} = 7,32^{**} + 0,0064^{**} N + 0,020^{**} K - 0,000016^{**} N^2 - 0,000055^{ns} K^2 - 0,0000076^{**} NK^2 + 0,00000022^{**} N^2 K^2$					R ² = 0,545

* e ** : Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

O estudo do comportamento das folhas emitidas pelo meloeiro aos 31 dias após a semeadura, revelou que o número de folhas aumentou de forma quadrática quando se incrementaram as concentrações de nitrogênio e potássio, entretanto devido aos efeitos das interações ocorridas entre os fatores estudados, o número de folhas máximo estimado foi de 93,28 folhas, quando se utilizaram os níveis máximos de nitrogênio e potássio, ou seja, 336 e 84 mg L⁻¹, respectivamente (Tabela 11).

Em ambiente protegido com solo argiloso, Vásquez (2003) estudou o efeito da fertirrigação com diferentes doses de potássio e lâminas de irrigação em gotejamento superficial e subsuperficial e encontrou número médio de folhas por plantas variando de 4,4 a 10,3 folhas aos 24 dias após o transplântio e de 6,9 a 14,9 folhas aos 31 dias após o transplântio, para as doses de potássio estudadas.

Apesar da boa representatividade do modelo ajustado (R²= 0,836), a estimativa do valor máximo ficou muito acima dos valores médios observados, tanto neste experimento quanto em experimentos similares, sendo, portanto, estes (Tabela 11) mais representativos da realidade, que inclusive estão acima dos valores observados em outros trabalhos.

Tabela 11 - Número de folhas, área foliar e área foliar média das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 31 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	21	42	63	84	
Número de folhas						
0	14,00		17,25		17,50	14,00
84		17,00		14,25		
168	18,25		17,00		5,75	18,25
252		11,50		13,25		
336	17,00		15,00		19,00	17,00
Média	16,42	14,25	16,42	13,75	14,08	16,42
Equação:	$Y^{**} = 14,25^{**} + 0,023^{**}N + 0,12^{**}K - 0,000051^{*}N^2 - 0,00099^{**}K^2 - 0,0000024^{**}N^2K - 0,000023^{**}NK^2 + 0,0000001^{**}N^2K^2$					R ² = 0,836
Área foliar (cm ²)						
0	719,20		982,00		1.049,65	916,95
84		1.030,56		870,84		950,70
168	1.102,35		1.056,28		110,66	756,43
252		793,96		839,04		816,50
336	920,32		887,69		1.130,29	979,43
Média	913,96	912,26	975,32	854,94	763,53	884,00
Equação:	$Y^{**} = 706,13^{**} + 3,41^{**}N + 11,36^{**}K - 0,0086^{**}N^2 - 0,087^{**}K^2 - 0,00014^{**}N^2K - 0,0020^{**}NK^2 + 0,0000074^{**}N^2K^2$					R ² = 0,891
Área foliar média (cm ²)						
0	51,77		56,36		58,82	55,65
84		61,10		61,43		61,27
168	60,79		62,41		18,62	47,27
252		69,34		63,18		66,26
336	54,11		59,66		59,36	57,71
Média	55,56	65,22	59,48	62,30	45,60	57,63
Equação:	$Y^{**} = 57,66^{**} - 0,056^{**}N + 0,55^{**}K + 0,00016^{**}N^2 - 0,0084^{**}K^2 - 0,00000087^{ns}N^2K + 0,00000002^{ns}N^2K^2$					R ² = 0,883

* e ** : Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

A área foliar também apresentou um crescimento com o aumento das concentrações de nitrogênio e potássio de forma quadrática, entretanto o efeito das interações entre os fatores remete a variável para um valor máximo de 1.133,3 cm² que é obtido com o uso de 336 e 84 mg L⁻¹, respectivamente de nitrogênio e potássio (Tabela 11).

No estudo de Vásquez (2003), para as doses de potássio foram observadas áreas foliares variando de 700 a 1.090 cm² aos 24 dias após o transplântio e de 1.330 a 1.870 cm² aos 31 dias após o transplântio.

Para essas duas variáveis, apesar do efeito quadrático, observa-se que os valores máximos foram obtidos com os maiores níveis dos fatores estudados, indicando que é possível aumentar o número de folhas e a área foliar, se forem aumentadas as concentrações de nitrogênio e potássio na solução do solo. Todavia, observa-se que parece ser esta, a melhor combinação de concentração de nitrogênio e de potássio na solução do solo, uma vez que os resultados médios obtidos refletem a realidade de outros experimentos.

Com relação à área foliar média, ainda na Tabela 11, esta apresentou efeito quadrático de nitrogênio e de potássio, sendo que nesse caso ela diminuiu com o aumento das concentrações de nitrogênio e aumentou com juntamente com o incremento nas concentrações de potássio. Tendo em vista que ocorreram também interações entre os fatores, a maior área foliar média observada foi de 66,45 cm² obtida com a aplicação de 0 mg L⁻¹ de nitrogênio na fertirrigação e a manutenção de 32 mg L⁻¹ de potássio na solução do solo (Tabela 11).

Para a matéria seca produzida pelas plantas avaliadas aos 31 dias após a semeadura, observou-se o efeito quadrático tanto do nitrogênio quanto do potássio. Como houve redução do valor da função com os termos lineares, deveria haver um valor crítico de mínimo; entretanto, devido ao efeito das interações observadas, a matéria seca da parte aérea total nesse período assumiu um valor máximo de 19,07 gramas por planta, quando a solução do solo foi mantida com concentração de nitrogênio e potássio, respectivamente de 336 e 84 mg L⁻¹ (Tabela 12).

Tabela 12 - Matéria seca da parte aérea total das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 31 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	21	42	63	84	
Matéria seca da parte aérea total (g por planta)						
0	12,95		12,72		17,61	14,43
84		14,62		13,45		14,03
168	16,38		14,14		7,32	12,61
252		12,71		14,66		13,68
336	13,92		12,81		16,09	14,27
Média	14,42	13,66	13,22	14,05	13,67	13,80
Equação:	$Y^{**} = 15,12^{**} - 0,016^{**}N - 0,0068^{ns}K + 0,000042^{**}N^2 + 0,00011^{ns}K^2 - 0,00000037^{ns}N^2K + 0,00000001^{ns}N^2K^2$					R ² = 0,825

* e ** : Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo.

Para o melão Gold mine cultivado em condições de campo em solo de textura franco-argilo-arenosa, foi observada uma fitomassa seca de 16,07 gramas por planta aos 34 dias após o plantio (FARIAS et al. 2003).

Todas as características de crescimento avaliadas aos 31 dias após a semeadura nas plantas cultivada no solo argiloso indicam um bom desenvolvimento, uma vez que estão sempre próximas às observadas em outras pesquisas. Este fato não foi observado no solo arenoso, ficando a maioria das características com valores abaixo daqueles observados na literatura. A diferença de desenvolvimento entre as plantas nos dois solos foi visível a olho nu, que também ficou comprovada pela demora em atingir a floração plena no solo arenoso (53 dias, enquanto que no solo argiloso, 31 dias).

Como o solo arenoso possuía uma menor fertilidade natural, talvez fosse necessário fazer uma adubação de fundação inicial para elevar os teores no solo para níveis considerados altos e partir daí, fazer o manejo da fertirrigação com a manutenção da concentração de nitrogênio e potássio.

No final do ciclo de cultivo o número de folhas aumentou de forma quadrática quando se incrementaram as concentrações de nitrogênio e potássio, sendo que o valor máximo assumido pela função ajustada (140 folhas), devido à ocorrência de interação entre os fatores estudados, requer o uso nível máximo de nitrogênio (336 mg L^{-1}) e de 44 mg L^{-1} de potássio (Tabela 13).

Para a área foliar avaliada no mesmo período, observou-se que esta cresceu de forma quadrática, tanto para o nitrogênio quanto para o potássio, e que o valor máximo ($5.591,6 \text{ cm}^2$) assumido por esta variável decorre da manutenção de 336 e 44 mg L^{-1} , respectivamente, de nitrogênio e potássio na solução do solo (Tabela 13).

Já a área foliar média reduziu tanto com o aumento de nitrogênio quanto com o aumento de potássio na solução do solo, sendo que para o nitrogênio o efeito foi quadrático, atingindo um valor mínimo, enquanto que para o potássio o efeito foi linear. Como houve efeito de interação, a análise da superfície de resposta resulta no valor máximo para a variável de $47,07 \text{ cm}^2$ que corresponde à não aplicação de adubos nitrogenados e potássicos em fertirrigação, ou seja, aplicação de 0 e 0 mg L^{-1} de nitrogênio e potássio (Tabela 13).

A área foliar máxima obtida por Dias (2004) na fase reprodutiva (92 dias após o transplante) foi de 12.027 cm^2 . Para o melão Gold mine cultivado em condições de campo em solo de textura franco-argilo-arenosa, foram encontradas, áreas foliares entre 8.000 e 10.700 cm^2 por planta no final do ciclo de cultivo, que se deu aos 62 dias após o plantio (FARIAS et al. 2003). O número de folhas encontrado por Vásquez (2003), para as doses de potássio aos 74 dias após o transplante, variou de $16,1$ a $31,0$ folhas e a área foliar variou de 3.140 a 5.780 cm^2 , o que dá áreas foliares médias entre $195,0$ e $181,5 \text{ cm}^2$, sendo que neste caso o ciclo se prolongou por mais de 100 dias.

Com isso, pode-se observar que na segunda metade do ciclo, as plantas do meloeiro cultivadas no solo argiloso, reduziram o ritmo de crescimento em relação à primeira metade. Todavia, foi observado que as plantas emitiram um bom número de folhas, mas adaptaram-se às condições de cultivo, reduzindo o tamanho médio das folhas.

Tabela 13 - Número de folhas, área foliar e área foliar média das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 87 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	21	42	63	84	
Número de folhas						
0	18,75		32,50		27,25	26,17
84		54,50		65,75		60,13
168	103,50		96,50		59,25	86,42
252		135,00		134,75		134,88
336	115,50		133,00		127,50	125,33
Média	79,25	94,75	87,33	100,25	71,33	86,58
Equação:	$Y^{**} = 23,69^{**} + 0,48^{**}N + 0,60^{**}K - 0,00056^{**}N^2 - 0,0088^{**}K^2 + 0,0000016^{ns}N^2K$					R ² = 0,953
Área foliar (cm ²)						
0	925,25		1.096,00		1.135,50	1.052,25
84		2.394,50		2.921,25		2.657,88
168	3.440,25		3.986,00		3.004,00	3.476,75
252		4.753,25		5.033,25		4.893,25
336	4.664,75		5.791,75		4.826,75	5.094,42
Média	3.010,08	3.573,88	3.624,58	3.977,25	2.988,75	3.434,91
Equação:	$Y^{**} = 757,54^{**} + 17,66^{**}N + 33,51^{**}K - 0,016^{**}N^2 - 0,39^{**}K^2$					R ² = 0,978
Área foliar média (cm ²)						
0	56,89		39,40		41,18	45,82
84		44,18		47,22		45,70
168	33,59		41,24		50,36	41,73
252		35,70		38,50		37,10
336	40,98		44,53		38,01	41,17
Média	43,82	39,94	41,72	42,86	43,18	42,30
Equação:	$Y^{**} = 47,07^{**} - 0,045^{*}N - 0,0088^{ns}K + 0,000061^{ns}N^2 + 0,00000032^{ns}N^2K$					R ² = 0,666

* ** : Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

A matéria seca acumulada nas plantas e em suas partes aos 87 dias após a semeadura está apresentada na Tabela 14. Observou-se que a matéria seca acumulada no caule aumentou em função da concentração de nitrogênio na solução do solo e diminuiu em função da concentração de potássio. Para os dois nutrientes estudados houve efeito quadrático e de interação, sendo que para consecução do valor máximo para a função ajustada, da ordem de 13,83 gramas por planta, é necessário utilizar o maior nível do nitrogênio (336 mg L^{-1}) e um nível intermediário do potássio (35 mg L^{-1}).

Com relação à matéria seca acumulada pelas folhas, observou-se efeito linear do nitrogênio e do potássio aumentando a matéria seca e também efeito quadrático para ambos os fatores. A análise da função ajustada indica que o maior valor de matéria seca acumulada nas folhas é da ordem de 39,48 gramas por planta, obtido com o uso de 336 e 37 mg L^{-1} de nitrogênio e de potássio, respectivamente (Tabela 14).

Em relação aos frutos, o comportamento da matéria seca acumulada nessa parte da planta aumentou tanto com o incremento na concentração de nitrogênio quanto com o incremento na concentração de potássio, havendo, também efeitos quadráticos para os dois fatores e de interações. Apesar dos efeitos quadráticos, a ocorrência das interações fez com que o maior valor para a matéria seca dos frutos ($20,55 \text{ g}$ por planta) fosse obtido com o uso dos maiores níveis de nitrogênio e potássio na solução do solo, ou seja, 336 e 84 mg L^{-1} , respectivamente de nitrogênio e potássio (Tabela 14).

Quando se estudou a matéria seca da parte aérea total, observou-se o comportamento semelhante ao que tinha sido observado para a matéria seca acumulada nos frutos, ou seja, aumento da matéria seca dos frutos com o aumento do nitrogênio e do potássio na solução do solo, tendo havido efeito quadrático. Entretanto, a interação que ocorreu fez com que o valor máximo de matéria seca da parte aérea ($71,14 \text{ g}$ por planta) fosse obtido com a manutenção de 336 mg L^{-1} de nitrogênio e 52 mg L^{-1} de potássio na solução do solo (Tabela 14).

Tabela 14 - Matéria seca do caule, das folhas, dos frutos e da parte aérea total das plantas de meloeiro “cantaloupe” aos 87 dias após a semeadura, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	21	42	63	84	
Matéria seca do caule (g por planta)						
0	4,42		5,22		2,96	4,20
84		7,28		6,97		7,12
168	18,51		10,36		5,87	11,58
252		11,62		11,29		11,45
336	10,28		18,21		10,87	13,12
Média	11,07	9,45	11,26	9,13	6,57	9,49
Equação:	$Y^{**} = 6,51^{**} + 0,049^{**}N - 0,0024^{ns}K - 0,00009^{**}N^2 - 0,00082^{*}K^2 + 0,00000053^{*}N^2K$					R ² = 0,932
Matéria seca das folhas (g por planta)						
0	11,10		10,87		9,17	10,38
84		16,07		19,68		17,87
168	26,54		27,20		18,78	24,17
252		35,46		28,96		32,21
336	31,28		42,48		35,06	36,27
Média	22,97	25,76	26,85	24,32	21,00	24,18
Equação:	$Y^{**} = 9,66^{**} + 0,084^{**}N + 0,19^{**}K - 0,000017^{ns}N^2 - 0,0025^{**}K^2$					R ² = 0,952
Matéria seca dos frutos (g por planta)						
0	6,52		7,27		7,50	7,10
84		12,25		19,91		16,08
168	7,17		15,19		10,84	11,07
252		16,73		22,27		19,50
336	14,75		10,24		21,90	15,63
Média	9,48	14,49	10,90	21,09	13,41	13,87
Equação:	$Y^{**} = 5,50^{**} + 0,056^{**}N + 0,16^{**}K - 0,00012^{**}N^2 - 0,0016^{**}K^2 - 0,0000010^{ns}NK^2 + 0,000000012^{*}N^2K^2$					R ² = 0,810
Matéria seca da parte aérea total (g por planta)						
0	22,04		23,36		19,63	21,67
84		35,59		46,56		41,07
168	52,22		52,75		35,49	46,82
252		63,81		62,51		63,16
336	56,31		70,93		67,84	65,02
Média	43,52	49,70	49,01	54,53	40,98	47,55
Equação:	$Y^{**} = 22,52^{**} + 0,19^{**}N + 0,31^{**}K - 0,00023^{**}N^2 - 0,0046^{**}K^2 + 0,0000015^{**}N^2K$					R ² = 0,947

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Diversos trabalhos foram desenvolvidos em condições de campo para vários tipos de melão e em média a produção de matéria seca encontrada foi de, aproximadamente, 458 g por planta (BELFORT, 1985; DUARTE, 2002; LIMA, 2001; MISLE, 2003). Silva Júnior (2005), para o melão pele de sapo em condições de campo, observou aumento da matéria seca dos frutos quando se aumentou a dose de potássio atingindo um máximo para a dose 274 kg ha^{-1} de K_2O . O acúmulo de matéria seca no caule, nas folhas e na parte aérea total foi, respectivamente, de 33,87; 76,03 e 192,75 g por planta. Já para o melão Gold mine cultivado em condições de campo, com águas salinas, foi encontrada uma fitomassa seca de 37,66 gramas por planta no final do ciclo de cultivo que se deu aos 62 dias após o plantio (FARIAS et al. 2003).

Comparando os resultados deste experimento com os resultados da literatura para as condições de campo, observa-se que a matéria seca acumulada em todas as partes da planta neste estudo, foi inferior ao encontrado nos demais; entretanto, esse resultado seria previsível quando se considera que em vasos as condições de desenvolvimento da cultura são mais limitadas do que em de campo, fato que pode ser ilustrado com os resultados obtidos por Farias et al. (2003) quando as plantas são submetidas ao estresse salino.

2.3.3 Produção e componentes da produção

A produção de frutos observada foi influenciada tanto pelas concentrações de nitrogênio quanto pelas concentrações de potássio. A produção aumentou linearmente quando foram aumentadas as concentrações de nitrogênio e de potássio na solução do solo, tendo havido ainda efeitos quadráticos e de interações para os dois fatores. Com isso, a função ajustada assume um valor máximo de 602,94 gramas por planta, dentro do intervalo de estudo, para o valor de concentração na solução do solo de 336 mg L^{-1} de nitrogênio e sem aplicação de potássio em fertirrigação, ou seja, 0 mg L^{-1} (Tabela 15).

Tabela 15 - Produção total, número de frutos por planta e peso médio dos frutos das plantas de meloeiro “cantaloupe”, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	21	42	63	84	
Produção total (g por planta)						
0	281,25		233,25		221,50	245,33
84		368,50		506,50		437,50
168	359,50		605,75		441,00	468,75
252		515,00		530,25		522,63
336	621,75		404,75		586,75	537,75
Média	420,83	441,75	414,58	518,38	416,42	442,39
Equação:	$Y^{**} = 202,14^{**} + 1,59^{**}N + 6,05^{**}K - 0,0012^{ns}N^2 - 0,071^{**}K^2 - 0,00012^{**}N^2K + 0,00011^{ns}NK^2 + 0,0000011^{**}N^2K^2$					R ² = 0,968
Número de frutos por planta						
0	1,00		1,16		1,00	1,04
84		1,00		1,00		1,00
168	1,19		1,20		1,00	1,12
252		1,00		1,00		1,00
336	1,17		1,13		1,00	1,10
Média	1,13	1,00	1,17	1,00	1,00	1,05
Equação:	Não houve variabilidade estatística nos dados					
Peso médio dos frutos (g)						
0	281,25		201,63		221,50	234,79
84		368,50		506,50		437,50
168	303,25		506,63		441,00	416,96
252		515,00		530,25		522,63
336	529,75		357,50		586,75	491,33
Média	371,42	441,75	355,25	518,38	416,42	420,64
Equação:	$Y^{**} = 252,00^{**} + 1,42^{**}N + 0,60^{ns}K - 0,0024^{**}N^2 - 0,010^{ns}K^2 + 0,00012^{*}NK^2 + 0,00000020^{ns}N^2K^2$					R ² = 0,901

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo.

Com relação ao número de frutos por planta, não houve variabilidade entre os dados, suficiente para estimar um modelo que explicasse o comportamento da variável, sendo que o número médio de frutos por planta foi de 1,05 frutos (Tabela 15).

Tendo em vista a pouca variabilidade observada para o número de frutos, o peso médio dos frutos apresentou praticamente o mesmo comportamento da produção, ou seja, aumentou conjuntamente com o incremento das concentrações de nitrogênio e potássio na solução do solo, tendo havido ainda efeitos quadráticos e de interações. Todavia, neste caso, a ocorrência de interações diferentes fez com que o peso médio máximo (771,5 gramas) fosse obtido com o uso dos maiores níveis de nitrogênio e de potássio, ou seja, 336 e 84 mg L⁻¹, respectivamente (Tabela 15).

Para o solo de textura argilosa, Monteiro (2007) encontrou produções por planta variando de 2.700 a 3.000 gramas. Dias (2004) e Dias et al. (2006b) encontraram máximo rendimento total de 987 g por planta para o primeiro ciclo e 1.031 g por planta para o segundo ciclo.

Andriolo; Bortolotto e Godoi (2005) encontraram produtividade máxima para o meloeiro cultivado em sistema hidropônico NFT com concentração de nitrato e de potássio em solução nutritiva estimada em 19,5 e 9,0 mmol L⁻¹, respectivamente, o que equivale a 273 mg L⁻¹ de nitrogênio e 351 mg L⁻¹ de potássio. Para o pepino cultivado em solução nutritiva com diferentes teores de potássio, Costa; Cañizares e Goto (2001), concluíram que o menor teor de potássio, 45 mg L⁻¹, foi suficiente para atingir alta produção.

D'Albuquerque Júnior (2003), encontrou número de frutos entre 1,64 e 2,07 frutos por planta de acordo com o tratamento e Kano (2002) obteve 1,98 e 1,61 frutos por planta, com e sem aplicação de CO₂, respectivamente.

Com relação à massa média dos frutos, Andriolo; Lanzanova e Witter (2003), encontrou 715 g para soluções com concentração de nitrato e potássio, respectivamente de 12,0 e 5,68 mmol L⁻¹, o que equivale a 168 mg L⁻¹ de nitrogênio e 222 mg L⁻¹ de potássio. Monteiro (2007) encontrou, em solo de textura argilosa, peso médio de frutos variando de 1.360 a 1.440 gramas. Já Vásquez (2003) encontrou peso médio dos frutos variando de 690 a 1015 g para as doses de potássio estudadas. Costa

et al. (2004), concluíram que o incremento da concentração de potássio na solução nutritiva aumentou, inicialmente, o número de frutos fixados, e contribuiu, posteriormente, para a redução do abortamento dos frutos. Também, promoveu aumento no peso médio do segundo fruto.

Com isso, pode-se observar que todas as características de produção avaliadas indicam que as plantas conduzidas neste trabalho tiveram um menor desempenho que as plantas de outros estudos.

Considerando uma densidade de plantio de 20.000 plantas por hectare e a produção máxima obtida pela função ajustada de 602,94 gramas por planta. Seria possível obter, para essas condições, uma produtividade de aproximadamente 12.000 kg ha⁻¹ que está próxima da obtida por Dias (2004) e Dias et al. (2006b) no primeiro ciclo (14.860 kg ha⁻¹), entretanto bem abaixo dos valores observados por outros autores (ANDRIOLO; LANZANOVA; WINTTER, 2003; CARDOSO, 2002; D'ALBUQUERQUE JÚNIOR, 2003; SILVA JÚNIOR, 2003; SOARES, 2001; VÁSQUEZ, 2003) e pelo próprio Dias (2004) e Dias et al. (2006b) no segundo ciclo.

2.4.4 Qualidade da produção

Uma das características de qualidade mais importantes para o melão cantaloupe é o rendimento da superfície do fruto, pois ela fica visível ao consumidor no ato da compra. Segundo Menezes et al. (2001) a aparência externa do fruto de melão é um atributo de qualidade. Para esta característica (Tabela 16) observou-se efeito do nitrogênio e do potássio de forma linear, quadrática e de interações. Para o nitrogênio o rendimento da superfície aumentou e para o potássio a superfície do fruto teve seu rendimento diminuído. Como houve efeito quadrático de interações, a ocorrência do ponto de sela, remete o valor máximo da função para as bordas da superfície do fator que reduz a variável. Assim, o maior rendimento da superfície do fruto (92,06%) é obtido com a manutenção de 240 mg L⁻¹ de nitrogênio na solução do solo e com a não aplicação de adubos potássicos (0 mg L⁻¹).

Tabela 16 - Rendilhamento da superfície do fruto das plantas de meloeiro “cantaloupe”, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	21	42	63	84	
Rendilhamento da superfície do fruto (%)						
0	62,50		7,50		70,00	46,67
84		87,50		95,00		91,25
168	55,00		91,25		77,50	74,58
252		98,75		87,50		93,13
336	90,00		75,00		95,00	86,67
Média	69,17	93,13	57,92	91,25	80,83	78,46
Equação:	$Y^{**} = 43,62^{**} + 0,40^{**}N - 0,21^{ns}K - 0,00083^{**}N^2 + 0,0056^{**}K^2 - 0,000028^{*}NK^2 + 0,00000060^{*}N^2K^2$					R ² = 0,837

* e ** : Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Vargas et al. (2008) observou que quando se cultivou o melão em substrato, os frutos apresentaram rendilhamento mais intenso em relação aos cultivados no solo, e que o rendilhamento observado variou entre intenso e médio, que se extrapolando em termos de porcentagem de rendilhamento da casca, poderia ser entendido como entre 50 e 100%. Dessa forma, o melhor tratamento deste experimento propicia um rendilhamento que pode ser considerado ótimo.

O diâmetro dos frutos aumentou positivamente com o aumento das concentrações de nitrogênio e de potássio na solução do solo. Foram observados, ainda efeitos quadráticos e de interações sendo que o valor máximo de diâmetro obtido pela função ajustada, da ordem de 10,25 cm foi com o uso de 260 e 84 mg L⁻¹, respectivamente de nitrogênio e de potássio (Tabela 17).

Tabela 17 - Diâmetro do fruto das plantas de meloeiro “cantaloupe”, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	21	42	63	84	
	Diâmetro do fruto (cm)					
0	7,73		7,20		7,25	7,39
84		8,43		9,85		9,14
168	8,15		10,05		9,23	9,14
252		9,88		10,10		9,99
336	9,78		8,07		9,80	9,21
Média	8,55	9,15	8,44	9,98	8,76	8,97
Equação:	$Y^{**} = 6,99^{**} + 0,015^{**} N + 0,048^{**} K - 0,000021^{**} N^2 - 0,00055^{**} K^2 - 0,00000088^{**} N^2 K + 0,0000013^{*} N K^2 + 0,000000007^{**} N^2 K^2$					R ² = 0,938

* e ** : Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns: não significativo.

Vásquez (2003) encontrou diâmetro médio dos frutos variando de 13,2 a 14,0 cm para as doses de potássio estudadas e Soares (2001), afirmou que o maior valor de diâmetro médio encontrado foi de 9,5 cm, correspondente à dose de potássio de 30 kg K₂O ha⁻¹. Com isso, observa-se que o diâmetro máximo dos frutos encontrado nesse experimento, apesar de estar abaixo de alguns valores encontrados, está ligeiramente acima de outro, indicando que o valor encontrado pode ser considerado bom.

Os efeitos das concentrações de nitrogênio e de potássio estudadas sobre a espessura da polpa dos frutos, se deram de forma isolada, ou seja, sem efeitos das interações, entretanto com efeitos quadráticos (Tabela 18).

A espessura aumentou com o incremento da concentração de nitrogênio até atingir um valor máximo e diminuiu com o incremento na concentração de potássio até atingir um valor mínimo. Com isso o valor máximo obtido com a função ajustada foi de 2,70 cm para as condições de manutenção de 255 mg L⁻¹ de nitrogênio na solução do solo e para o fornecimento natural de potássio pelo solo, ou seja, aplicação de 0 mg L⁻¹ de potássio em fertirrigação (Tabela 18).

Tabela 18 - Espessura da polpa dos frutos de meloeiro “cantaloupe”, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	21	42	63	84	
Espessura da polpa (cm)						
0	2,04		1,30		1,81	1,72
84		2,48		2,46		2,47
168	2,23		2,65		2,24	2,37
252		2,60		2,83		2,71
336	2,66		2,31		2,75	2,58
Média	2,31	2,54	2,09	2,64	2,27	2,37
Equação:	$Y^{**} = 1,82^{**} + 0,0068^{**} N - 0,0034^{ns} K - 0,000013^{**} N^2 + 0,000038^{ns} K^2$					R ² = 0,657

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Para o solo argiloso, Monteiro (2007) encontrou espessura de polpa variando de 3,7 a 3,9 centímetros, enquanto que Vásquez (2003), em condições parecidas das encontrou os valores mínimo e máximo de espessura da polpa com 2,8 e 3,8 cm, respectivamente e para Soares (2001) os maiores valores médios de espessura da polpa variaram de 3,1 a 3,3 cm.

Com isso, observa-se que para as condições em que se deram este estudo, a polpa dos frutos do meloeiro ficou abaixo dos valores médios observados por outros autores. Como o diâmetro dos frutos esteve bem próximo dos valores encontrados, o menor peso médio dos frutos observados pode ter sido devido à espessura da polpa ter sido inferior.

A firmeza da polpa apresentou crescimento positivo quando se aumentaram as concentrações de nitrogênio e de forma quadrática atingiu um valor máximo, por outro lado a firmeza diminuiu quando se aumentaram as concentrações de potássio, ocorrendo também o efeito quadrático, mas sem que tenha sido observado um valor mínimo para o intervalo de estudo. Observou-se ainda o efeito de interação entre os dois nutrientes estudados e a função ajustada assumiu o valor máximo para a firmeza

da polpa de 9,66 N para a manutenção de 250 mg L⁻¹ de nitrogênio na solução do solo e para a não aplicação de potássio em fertirrigação, ou seja, 0 mg L⁻¹ (Tabela 19).

Tabela 19 - Firmeza da polpa dos frutos de meloeiro “cantaloupe”, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	21	42	63	84	
Firmeza da polpa (N)						
0	5,66		5,44		2,11	4,40
84		7,33		3,91		5,62
168	8,98		8,75		10,08	9,27
252		8,75		6,50		7,62
336	8,47		10,00		5,41	7,96
Média	7,70	8,04	8,06	5,20	5,86	6,97
Equação:	$Y^{**} = 5,07^{**} + 0,036^{**} N - 0,012^{ns} K - 0,000072^{**} N^2 - 0,00013^{ns} K^2 - 0,000000010^{ns} N^2 K^2$					R ² = 0,766

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

A firmeza da polpa está relacionada com a solubilização de substâncias pécticas, as quais, quando em grande quantidade, conferem textura frágil aos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 1990). Para o manuseio pós-colheita, a firmeza é essencial, haja vista que os frutos com maior firmeza são mais resistentes às injúrias mecânicas que ocorrem durante o transporte e a comercialização.

Vásquez (2003) encontrou valores de firmeza de polpa variando de 4,45 a 17,51 N. Monteiro (2007) encontrou em solo de textura argilosa, firmeza da polpa dos frutos do meloeiro na faixa de 2,99 a 3,12 N. Em Dias (2004), os valores de textura variaram de 19,93 a 17,45 N.

Essa característica depende muito do estado de maturação em que os frutos são colhidos, podendo variar bastante. Se os frutos são colhidos em estágio de maturação mais avançado, a firmeza é menor e o brix é maior, mas a vida útil pós-colheita é menor. Se o fruto for colhido mais cedo, a firmeza torna-se maior e o brix menor, entretanto a vida útil torna-se maior. Sendo assim, o estudo dessa característica está

muito relacionada com o estudo do teor de sólidos solúveis totais e que se deve procurar um equilíbrio para as duas variáveis.

O teor de sólidos solúveis totais para os frutos do meloeiro foi influenciado pelas concentrações de nitrogênio e de potássio. O grau brix reduziu gradativamente quando se aumentaram as concentrações de nitrogênio e devido ao efeito quadrático atingiu um valor mínimo; por outro lado, o brix aumentou quando foi aumentada a concentração de potássio na solução do solo, e devido às interações observadas o maior valor de sólidos solúveis (9,51 °Brix) foi obtido com o uso dos maiores níveis de nitrogênio e potássio na solução do solo (336 e 84 mg L⁻¹, respectivamente) (Tabela 20).

Tabela 20 - Sólidos solúveis totais da polpa dos frutos de meloeiro “cantaloupe”, em função da concentração de nitrogênio (N) e potássio (K) na solução do solo argiloso

Concentração de N (mg L ⁻¹)	Concentração de K (mg L ⁻¹)					Média
	0	21	42	63	84	
Sólidos solúveis totais (°Brix)						
0	6,83		5,25		7,93	6,67
84		8,05		10,43		9,24
168	6,03		5,95		5,40	5,79
252		6,68		8,53		7,60
336	7,05		6,53		9,88	7,82
Média	6,63	7,36	5,91	9,48	7,73	7,42
Equação:	$Y^{**} = 6,87^{**} - 0,0026^{ns}N + 0,0098^{ns}K + 0,0000046^{ns}N^2 - 0,000034^{ns}K^2 + 0,000000003^{**}N^2K^2$					R ² = 0,417

* e ** : Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Muitos países adotam os valores do conteúdo de sólidos solúveis totais como uma referência de mercado para aceitabilidade, com variação mínima de 8 a 10 °Brix, entretanto, se este caráter for analisado isoladamente como atributo de qualidade, poderá ser falho (Menezes, 1996).

Dias (2004) encontrou valores médios de 8,07e 11,10 °Brix, respectivamente no primeiro e segundo ciclos. Para Soares (2001), os valores médios de sólidos solúveis

totais variaram de 9,8 a 12,8 °Brix. Já Monteiro (2007), encontrou teor de sólidos solúveis totais na faixa de 11,36 a 12,03 °Brix, enquanto que Vásquez (2003), trabalhando com o mesmo híbrido, encontrou valores entre 6,99 e 13,25 °Brix e D'Albuquerque Júnior (2003) encontrou valores variando entre 10,3 e 12,5 °Brix.

O valor máximo estimado de sólidos solúveis totais para este experimento encontra-se ligeiramente abaixo da faixa de valores encontrada na literatura. Considerando que a firmeza e a espessura da polpa observada encontravam-se também abaixo da faixa observada, pode-se dizer que os frutos colhidos não estavam dentro dos padrões da cultura, necessitando de melhoria de qualidade para alcançar melhor valor comercial.

3 CONCLUSÕES

Tanto no solo arenoso quanto no solo argiloso, houve uma tendência de diferença no consumo de água das plantas de tratamentos diferentes, sendo que a diferença entre o maior e o menor consumo acumulado foi de 27,6% no arenoso e 51,5% no solo argiloso.

A concentração de nitrogênio na solução do solo que propiciou os valores máximos das funções ajustadas para as variáveis estudadas no solo arenoso, variou entre 55 e 255 mg L⁻¹, sendo que a maioria se situou entre 100 e 180 mg L⁻¹.

Para a maioria dos parâmetros avaliados, no solo arenoso, os valores máximos assumidos pelas funções ajustadas, foram obtidos com a maior concentração de potássio na solução do solo estudada (468 mg L⁻¹).

Todas as variáveis avaliadas nas plantas do solo arenoso revelam que as plantas apresentaram baixo desempenho, indicando que as condições nutricionais não foram favoráveis ao desenvolvimento da cultura.

Para a maioria dos parâmetros vegetativos estudados na primeira planta do solo argiloso, as maiores concentrações de nitrogênio (336 mg L⁻¹) e de potássio (84 mg L⁻¹) na solução do solo fez com que as funções ajustadas assumissem valores máximos.

A primeira planta avaliada no solo argiloso apresentou um melhor desempenho que a mesma planta avaliada no solo arenoso, tendo sido observado tanto pelas características avaliadas, quanto pela visualização do desenvolvimento das mesmas e também pela demora em atingir o estágio de floração plena no solo arenoso.

No final do ciclo de cultivo das plantas do solo argiloso, a concentração de nitrogênio na solução do solo que propiciou os maiores valores para as funções ajustadas foi de 336 mg L⁻¹ e a de potássio variou entre 0 e 84 mg L⁻¹, tendo maior frequência entre 35 e 44 mg L⁻¹.

Observou-se uma baixa produção e peso médio de frutos, sendo que os maiores valores foram obtidos com a concentração na solução do solo argiloso de 336 mg L⁻¹ de nitrogênio e potássio variando entre 0 e 84 mg L⁻¹.

Os valores máximos das características de qualidade dos frutos foram obtidos com concentrações de nitrogênio na solução do solo entre 240 e 260 mg L⁻¹, tendo o potássio variado entre 0 e 84 mg L⁻¹.

A maioria das características de qualidade dos frutos colhidos apresentou valores abaixo dos padrões da cultura, sendo necessário uma melhoria de qualidade para alcançar melhor valor comercial.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V.H. **Avaliação da fertilidade do solo**: superfícies de resposta, modelos aproximativos para expressar a relação fator-resposta. Viçosa: UFV, 1994. 75 p.

ANDRIOLO, J.L.; LANZANOVA, M.E.; WITTER, M. Produtividade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 478-481, jul.-set., 2003.

ANDRIOLO, J.L.; Luz, G.L.; BORTOLOTTI, O.C.; GODOI, R.S. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três doses de solução nutritiva. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 781-787, jul.-ago., 2005.

ANJOS, J.B.; LOPES, P.R.C.; FARIA, C.M.B.; COSTA, N.D.C. Preparo e conservação do solo, calagem e plantio. In: SILVA, H.R.; COSTA, N.D. (Ed.) **Melão**: produção e aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA, 2003. cap. 7, p. 35-39. (Frutas do Brasil, 33).

ARAÚJO, J.P. **Cultura do melão**. Petrolina: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária para o Trópico Semi-Árido, 1980. 40p.

BAR-YOSEF, B. Advances in fertigation. **Advances in agronomy**, Delaware, v. 65, p. 1-77, 1999.

BELFORT, C. C. **Acumulação de matéria seca e recrutamento de nutrientes em melão (*Cucumis melo* L. cv. Valenciano Amarelo CAC) cultivado em latossolo vermelho amarelo em Presidente Venceslau-SP**. 1985. 72 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

BHELLE, H.S.; WILCOX, G.E. Yield and comparison of muskmelon as influenced by preplant and trickle applied nitrogen. **HortScience**, Alexandria, v. 21, p. 86, 1986.

BLANCO, F.V. **Tolerância do tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e na planta**. 2004. 115 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BRITO, L.T.L.; SOARES, J.M.; FARIA, C.M.B.; COSTA, N.D. Fontes de fósforo aplicadas na cultura do melão via água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 19-22, 2000.

BURGUEÑO, H. **La fertirrigación en cultivos hortícolas com acolchado plástico**. Culiacán: BURSAR, 1996. v.1, 45 p.

CAMERON, F.K. **The soil solution**: the nutrient medium for plant growth. Easton: The Chemical Publishing, 1911. 136 p.

CARDOSO, S.S. **Dose de CO₂ e de potássio aplicados através de irrigação no meloeiro rendilhado (*Cucumis melo* L.) cultivado em ambiente protegido**. 2002. 101 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O.F. **Mossoró um município do semi-árido nordestino**: caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, 1995. 62 p. (Coleção Mossoroense, série B, 672).

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo**: hidroponia. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43 p.

CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I. **Pós-colheita de frutas e hortaliças**: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL; FAEPE, 1990. 320 p.

COELHO, E.U.; SOUSA, V.F.; SOUZA, V.A.B.; MELO, F.B. Efeito de níveis de N e K aplicados por gotejamento na cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) em solo arenoso. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 23-30, jan.-fev., 2001.

COSTA, C.P.; PINTO, C.A.B. **Melhoramento de hortaliças**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de genética, 1977. 319 p.

COSTA, P.C.; CAÑIZARES, K.A.L.; GOTO, R. Produção de pepino de plantas enxertadas cultivadas em soluções nutritivas com diferentes teores de potássio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 3, p. 207-209, Nov., 2001.

COSTA, C.C.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CAVARIANNI, R.L.; BARBOSA, J.C. Produção do melão rendilhado em função da concentração de potássio na solução nutritiva e do número de frutos por planta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.23-27, jan.-mar., 2004.

D'ALBUQUERQUE JÚNIOR, B.S. **Efeito da aplicação de CO₂ na água de irrigação em diferentes fases fenológicas da cultura do melão (*Cucumis melo* L. var. *reticulatus*) cultivado em ambiente protegido**. 2003. 65 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

DIAS, N.S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade em solo cultivado com melão rendilhado sob ambiente protegido**. 2004. 131 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

DIAS, N.S.; DUARTE, S.N.; GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; SOARES, T.M. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.496-504, 2005.

DIAS, N.S.; DUARTE, S.N.; MEDEIROS, J.F.; TELES FILHO, J.F. Salinidade e manejo da fertirrigação em ambiente protegido. I: efeitos sobre o crescimento do meloeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 208-218, abr.-jun., 2006a.

DIAS, N.S.; DUARTE, S.N.; MEDEIROS, J.F.; TELES FILHO, J.F. Salinidade e manejo da fertirrigação em ambiente protegido II: efeitos sobre o rendimento do meloeiro. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 3, p. 376-383, jul.-set., 2006b.

DIAS, N.S.; DUARTE, S.N.; SILVA, E.F.F.; FOLEGATTI, M.V. **Manejo da Fertirrigação utilizando extratores de solução do solo**. Piracicaba: ESALQ, 2004. 23p. (Série produtor rural, 25).

DIAS, N.S.; GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; SILVA, E.F.F. Uso de extratores de cápsula porosa na determinação da salinidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, 2002. Salvador, **Anais...** Salvador, 2002. 1 CD ROM

DOMINGUEZ VIVANCOS, A. **Fertirrigacion**. Madrid: Mundi-Prensa, 1993. 217 p.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Efeitos da água no rendimento das culturas**. Roma: FAO, 1994. 212 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DUARTE, S. R. **Alterações na nutrição mineral do meloeiro em função da salinidade da água de irrigação**. 2002. 70 p. Dissertação (Mestrado Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

DUTRA, I. **Produtividade e qualidade de frutos de melão pele de sapo em função de diferentes níveis de irrigação e adubações nitrogenada e potássica**. Botucatu, 2005. 115p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu, 2005.

FARIA, C.M.B.; COSTA, N.D.; PINTO, J.M.; BRITO, L.T.L.; SOARES, J.M. Níveis de nitrogênio por fertirrigação e densidade de plantio na cultura do melão em um Vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 491-495, 2000.

FARIA, C.M.B.; FERREIRA, J.R.; POSSÍDIO, E.L. Adubação orgânica e mineral na cultura do melão num Vertissolo do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 1191-197, 1994.

FARIAS, C.H.A.; SOBRINHO, J.E.; MEDEIROS, J.F.; COSTA, M.C.; NASCIMENTO, I.B.; SILVA, M.C.C. Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p.445-450, 2003.

FERNANDES, A.L.T.; RODRIGUES, G.P.; TESTEZLAF, R. Mineral and organomineral fertirrigation in relation to quality of greenhouse cultivated melon. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 1, p. 149-154, 2003.

FERNANDES, A.L.T.; TESTEZLAF, R. Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 45-50, 2002.

FERNANDES, A.L.T.; TESTEZLAF, R.; DRUMOND, L.C.D.; SILVA, R.P. Influência da fertirrigação organomineral e química na produção de melão em estufa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: SBEA, 2002. 1 CD ROM.

FERREIRA, F.; PEDROSA, J. F.; ALVARENGA, M. A. R. Melão: cultivares e métodos culturais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, n. 85, p. 26-28, 1982.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

GÄRDENÄS, A.I.; HOPMANS, J.W.; HANSON, B.R.; SIMÜNEK, J. S. Two-dimensional modeling of nitrate leaching for various fertigation scenarios under micro-irrigation. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 74, p. 219–242, 2005.

GOMES, P. **Fruticultura brasileira**. 11.ed. São Paulo: Nobel, 1987. p. 338-341.

GROSSMANN, J.; UDLUFT, P. The extraction of soil water by the suction-cup method: a review. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 42, n. 1, p. 83-93, 1991.

GURGEL, F.L.; PEDROSA, J.F.; NOGUEIRA, I.C.C., NEGREIROS, M.Z.; BEZERRA NETO, F. Caracteres qualitativos em híbridos de melão amarelo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, Supl., p. 664-665, 2000. 1 CD ROM,

HOAGLAND, D.R.; MARTIN, J.C.; STEWART, G.R. Relation of the soil solution to the soil extract. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 20, n. 5, p. 381-395, 1920.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA-Sistema de recuperação automática**: banco de dados agregados, produção agrícola municipal. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 Out. 2008.

JIMÉNEZ, S.; ALÉS, J. I.; LAO, M. T.; PLAZA, B.; PÉREZ, M. Evaluation of nitrate quick tests to improve fertigation management. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 37, p. 2461–2469, 2006.

JOLY, A.B. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. São Paulo: Nacional, 1993. v. 4, 776 p. (Biblioteca Universitária Ciências Puras, 3).

KANO, C. **Extrações de nutrientes pelo meloeiro rendilhado cultivado em ambiente protegido com a adição de potássio e CO₂ na água de irrigação**. 2002. 102 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

LAO, M.T.; JIMÉNEZ, S.; EYMAR, E.; FERNÁNDEZ, E.J. Nutrient levels of the solution obtained by means of suction cups in intensive tomato cultivation. **Phyton**, Buenos Aires, v. 4, n. 7, p. 29-37, 2004.

LAO, M.T.; JIMÉNEZ, S.; EYMAR, E.; FERNÁNDEZ, E.J.; JIMÉNEZ, R. Determination of Spatial Variability of Nutrient Composition of Soil Solutions in Greenhouses by Using Suction Cups. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 34, n. 5/6, p. 865-879, 2003.

LIMA, A. A. de, **Absorção e eficiência de utilização de nutrientes por híbridos de melão (*Cucumis melo* L.)**. 2001. 60 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA; POTAFOS, 1989. 153 p.

LORD, E.I.; SHEPHERD, M.A. Developments in the use of porous ceramic cups for measuring nitrate leaching. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 44, n. 3, p. 435-449, 1993.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALLICK, M.F.R.; MASUI, M. Origin, distribution and taxonomy of melons. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 28, p. 251-261, 1986.

MARQUELLI, W.A.; MEDEIROS, J.F.; SILVA, H.R.; PINTO, J.M.; SILVA, W.L.C. **Irrigação e Fertirrigação do Meloeiro por Gotejamento**. Brasília: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, 2001. 28 p. (Circular Técnica, 25).

MARQUELLI, W.A.; PINTO, J.M.; SILVA, H.R. da; MEDEIROS, J. F. Fertirrigação. In: SILVA, H.R. da; COSTA, N.D. (Ed.). **Melão: produção, aspectos técnicos**. Brasília: EMBRAPA, 2003. cap. 10, p. 69-85. (Frutas do Brasil, 33).

MDIC - MINISTERIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMERCIO EXTERIOR. **Sistema de análise das informações do comércio exterior via internet - ALICE-Web**. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>>. Acesso em: 15 Out. 2008.

MENEZES, J.B. **Qualidade pós-colheita de melão tipo "Galia" durante a maturação e o armazenamento**. 1996. 87 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

MENEZES, J. B.; GOMES JÚNIOR, J.; ARAÚJO NETO, S. E.; SIMÕES, A. N. Armazenamento de dois genótipos de melão amarelo sob condições ambiente. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 19, n.1, p. 42-49, 2001.

MENEZES, J.B.; FILGUEIRAS, H.A.C.; ALVES, R.E.; MAIA, C.E.; ANDRADE, G.G. de; ALMEIDA, J.H.S.; VIANA, F. M. P. Características do melão para exportação. In: ALVES, R.E. (Org.). **Melão: Pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa em Agroindústria Tropical, 2000. cap. 2 (Frutas do Brasil, 10). p. 13-22.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. **Principles of plant nutrition**. 4th ed. Bern: International Potash Intitute, 1987. 687 p.

MISLE, E. Caracterización termofisiológica del ritmo de absorción de nutrientes del melon (*Cucumis melo* L. var *reticulatus* Naud). **Ciencia e Investigación Agraria**, Santiago de Chile, v. 30, n. 1, p. 39-50, 2003.

MONTEIRO, R.O.C. **Influência do gotejamento subterrâneo e do “mulching” plástico na cultura do melão em ambiente protegido.** 2007. 178 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MORAES, J.F.V.; DYNIA, J.F. Uso de cápsulas porosas para extrair solução do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 10, p. 1523-1528, 1990.

OR, D. Who invented tensiometer?. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 65, n. 1, p. 1-3, jan.-feb., 2001.

PEDROSA, J. F. **Cultura do melão.** 4.ed. Mossoró: ESAM, 1997, 51 p. (Apostila Encadernada).

PINTO, J.M.; SOARES, J.M.; CHOUDHURY, E.N.; PEREIRA, J.R. Adubação via água de irrigação na cultura do melão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 11, p. 1263-1268, 1993.

PRABHAKAR, B.S.; SRINIVAS, K.; SHUKLA, V. Yield and quality of muskmelon (cv. Hara Madhu) in relation to spacing and fertilization. **Progressive Horticulture**, Chaubattia, v. 17, p. 51-55, 1985.

REEVE, R.C.; DOERING, E.J. Sampling the soil solution for salinity appraisal. **Soil Science**, Baltimore, v. 99, n. 5, p. 339-344, 1965.

RIZZO, A.A.N.; QUIJANO, F.G.; LAURA, V.A. Efeito da idade de mudas no desenvolvimento do melão rendilhado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 468-469, 2000.

SILBER, A.; XU, G.; LEVKOVITCH, I.; SORIANO, S.; BILU, A.; WALLACH, R. High fertigation frequency: the effects on uptake of nutrients, water and plant growth. **Plant and Soil**, The Hague, v. 253, n. 2, p. 467-477, 2003.

SILVA JÚNIOR, M.J. **Crescimento e absorção de nutrientes pelo meloeiro fertirrigado com diferentes doses de nitrogênio e potássio.** Campina Grande, 2005. 70 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2005.

SILVA, E.F.F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução de solo.** Piracicaba, 2002. 136 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

SILVA, E.F.F.; MIRANDA, J.H.; COELHO, R.D.; DUARTE, S.N.; FERREIRA, Y.R.P. Determinação da salinidade do solo utilizando extratores de cápsulas porosas e soluções diluídas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999. Pelotas, **Anais...** Pelotas: SBEA, 1999. 1 CD ROM.

SILVA, H.R.; COSTA, N.D.; CARRIJO, O.A. Exigências de clima e solo e época de plantio. In: SILVA, H.R.; COSTA, N.D. (Ed.). **Melão**: produção, aspectos técnicos. Brasília: EMBRAPA, 2003. cap. 5. p. 23-28. (Frutas do Brasil, 33).

SILVA, H.R.; MAROUELLI, W.A.; SILVA, R.A.; OLIVEIRA, L.A.; RODRIGUES, A.G.; SOUZA, A.F.; MAENO, P. **Cultivo do meloeiro para o Norte de Minas Gerais**. Brasília: EMBRAPA, Centro de Pesquisa de Hortaliças, 2000. 22 p. (Circular Técnica, 20).

SMETHURST, P.J. Soil solution and other soil analyses as indicators of nutrient supply: a review. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 138, n. 1/3, p. 397-411, 2000.

SOARES, A.J. **Efeitos de três lâminas de irrigação e de quatro doses de potássio via fertirrigação no meloeiro em ambiente protegido**. 2001. 63 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SOUSA, V.F.; COELHO, E.F.; SOUZA, V.A.B. Frequência de irrigação em meloeiro cultivado em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 659-664, 1999.

SOUSA, V.F.; SOUZA, A.P. Fertirrigação II: Tipos de produtos, aplicação e manejo. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v. 47, p. 15-20, 1992.

TAVARES, A.C.S. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade para a cultura do pimentão (*Capsicum annuum*) utilizando medidores de íons da solução do substrato**. 2005. 101 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

VARGAS, P.F.; CASTOLDI, R.; CHARLO, H.C.O.; BRAZ, L.T. Qualidade de melão rendilhado (*Cucumis melo* L.) em função do sistema de cultivo. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 137-142, jan.-fev., 2008.

VÁSQUEZ, M.A.N. **Fertirrigação por gotejamento superficial e subsuperficial no meloeiro (*Cucumis melo* L.) sob condições protegidas**. 2003. 145 p. Tese

(Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

VILLAS BÔAS, R.L.; ANTUNES, C.L.; BOARETTO, A.E.; SOUSA, V.F.; DUENHAS, L.H. Perfil da pesquisa e emprego da fertirrigação no Brasil. In: FOLEGATTI, M.V.; CASARINI, E.; BLANCO, F.F.; BRASIL, R.P.C.; RESENDE, R.S. (Coord.). **Fertirrigação**: flores, frutas e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 2001. v. 2, cap. 3, p. 71-103.

WAGNER, G.H. Use of porous ceramic cups to sample soil water within the profile. **Soil Science**, Baltimore, v. 94, p. 379-387, 1962.

WOLT, J.D. **Soil solution chemistry**: applications to environmental science and agriculture. New York: Wiley, 1994. 345p.

ZAPATA NICOLAS, M.; CABRERA FERNÁNDEZ, P.; BAÑON ARIAS, S.; ROTH MARTINEZ, P. **El melon**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989. 174 p.

ANEXOS

ANEXO A - Resumo da análise de variância da regressão para as variáveis, comprimento da haste principal (COMP), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NFt = log (NF)) e área foliar (AF), obtidas aos 53 dias após a semeadura em solo arenoso

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		COMP	DC	NFt	AF
Tratamentos	[12]	0,0577**	1,454*	0,0392**	199.406**
Nitrogênio Linear (N)	1	0,0670*	3,257*	0,0024 ^{ns}	200.773*
Potássio Linear (K)	1	0,0093 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	41.196 ^{ns}
Nitrogênio Quadrático (N ²)	1	0,1023*	1,966 ^{ns}	0,0657*	262.557**
Potássio Quadrático (K ²)	1	0,1453**	0,141 ^{ns}	0,0071 ^{ns}	105.904 ^{ns}
Interação (N*K)	1	0,0890*	0,003 ^{ns}	0,0268 ^{ns}	20.790 ^{ns}
Interação (N ² *K)	1	0,0717*	6,284**	0,1534**	597.002**
Interação (N*K ²)	1	0,0116 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,0237 ^{ns}	91.921 ^{ns}
Interação (N ² *K ²)	1	0,1016*	0,673 ^{ns}	0,1155**	625.920**
Independente da regressão	4	0,0236 ^{ns}	1,279 ^{ns}	0,0189 ^{ns}	111.702*
Resíduo	39	0,0169	0,665	0,0127	35.864
C.V. (%)		18,1	12,8	8,8	23,3

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

ANEXO B - Resumo da análise de variância da regressão para as variáveis, área foliar média (AFM) aos 53 dias após a semeadura, comprimento da haste principal (COMP), número de folhas (NF) e área foliar (AFt = log (AF)), obtidas aos 66 dias após a semeadura em solo arenoso

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		AFM	COMP	NF	AFt
Tratamentos	[12]	120,3**	0,1256**	58,6**	0,0804**
Nitrogênio Linear (N)	1	544,7**	0,0456 ^{ns}	12,2 ^{ns}	0,0380 ^{ns}
Potássio Linear (K)	1	61,5 ^{ns}	0,0793 ^{ns}	3,9 ^{ns}	0,3045**
Nitrogênio Quadrático (N ²)	1	0,005 ^{ns}	0,3009**	107,3*	0,1949**
Potássio Quadrático (K ²)	1	440,1**	0,0008 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,0059 ^{ns}
Interação (N*K)	1	139,8*	0,1332*	46,9 ^{ns}	0,1078**
Interação (N ² *K)	1	5,9 ^{ns}	0,1239*	10,8 ^{ns}	0,0103 ^{ns}
Interação (N*K ²)	1	8,0 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	6,9 ^{ns}	0,0093 ^{ns}
Interação (N ² *K ²)	1	40,8 ^{ns}	0,0228 ^{ns}	71,4 ^{ns}	0,0706*
Independente da regressão	4	50,6 ^{ns}	0,2002**	111,0**	0,0559**
Resíduo	39	29,7	0,0316	21,7	0,0109
C.V. (%)		13,2	14,6	15,4	3,3

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

ANEXO C - Resumo da análise de variância da regressão para as variáveis, área foliar média (AFMt = log (AFM)), matéria seca do caule (MSCt = log (MSC)), matéria seca das folhas (MSFt = log (MSF)) e matéria seca da parte aérea total (MSTt = log (MST)), obtidas aos 66 dias após a semeadura em solo arenoso

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		AFMt	MSCt	MSFt	MSTt
Tratamentos	[12]	0,0458**	0,0430**	0,0412**	0,0295**
Nitrogênio Linear (N)	1	0,0239 ^{ns}	0,0191 ^{ns}	0,0359 ^{ns}	0,0008 ^{ns}
Potássio Linear (K)	1	0,2699**	0,2471**	0,0232 ^{ns}	0,1043**
Nitrogênio Quadrático (N ²)	1	0,0878**	0,0406*	0,1376**	0,0737**
Potássio Quadrático (K ²)	1	0,0067 ^{ns}	0,0037 ^{ns}	0,0217 ^{ns}	0,0103 ^{ns}
Interação (N*K)	1	0,0474*	0,0102 ^{ns}	0,0095 ^{ns}	0,0006 ^{ns}
Interação (N ² *K)	1	0,0012 ^{ns}	0,0152 ^{ns}	0,0838**	0,0380*
Interação (N*K ²)	1	0,0016 ^{ns}	0,0283 ^{ns}	0,0499*	0,0001 ^{ns}
Interação (N ² *K ²)	1	0,0228 ^{ns}	0,0814**	0,0606*	0,0742**
Independente da regressão	4	0,0219 ^{ns}	0,0176 ^{ns}	0,0181 ^{ns}	0,0128 ^{ns}
Resíduo	39	0,0103	0,0108	0,0116	0,0062
C.V. (%)		6,0	16,2	15,9	8,2

* e ** : Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

ANEXO D - Resumo da análise de variância da regressão para as variáveis, comprimento da haste principal (COMPt = raiz (COMP)), diâmetro do caule (DC), número de folhas (NFt = log (NF)) e área foliar (AFt = raiz (AF)), obtidas aos 31 dias após a semeadura em solo argiloso

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		COMPt	DC	NFt	AFt
Tratamentos	[12]	0,1337**	5,333**	0,0743**	142,93**
Nitrogênio Linear (N)	1	0,0387**	0,047 ^{ns}	0,0009 ^{ns}	0,65 ^{ns}
Potássio Linear (K)	1	0,1489**	3,900**	0,0771**	131,46**
Nitrogênio Quadrático (N ²)	1	0,1291**	13,412**	0,1443**	149,30**
Potássio Quadrático (K ²)	1	0,1643**	3,521**	0,0364**	158,56**
Interação (N*K)	1	0,0019 ^{ns}	0,453 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	1,73 ^{ns}
Interação (N ² *K)	1	0,4711**	21,470**	0,3582**	827,82**
Interação (N*K ²)	1	0,0012 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,0422**	37,16*
Interação (N ² *K ²)	1	0,2406**	13,973**	0,0861**	223,55**
Independente da regressão	4	0,1022**	1,803**	0,0364**	46,23**
Resíduo	39	0,0048	0,375	0,0048	8,53
C.V. (%)		8,1	8,1	6,0	10

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

ANEXO E - Resumo da análise de variância da regressão para as variáveis, área foliar média (AFM) e matéria seca da parte aérea total (MST), obtidas aos 31 dias após a semeadura em solo argiloso

Fontes de variação	GL	Quadrado médio	
		AFM	MST
Tratamentos	[12]	599,2 ^{**}	24,64 ^{**}
Nitrogênio Linear (N)	1	75,6 ^{ns}	0,44 ^{ns}
Potássio Linear (K)	1	622,3 ^{**}	2,01 ^{ns}
Nitrogênio Quadrático (N ²)	1	88,6 ^{ns}	18,23 ^{ns}
Potássio Quadrático (K ²)	1	1612,4 ^{**}	1,24 ^{ns}
Interação (N*K)	1	10,7 ^{ns}	2,76 ^{ns}
Interação (N ² *K)	1	2684,0 ^{**}	174,11 ^{**}
Interação (N*K ²)	1	16,6 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Interação (N ² *K ²)	1	1263,6 ^{**}	47,76 [*]
Independente da regressão	4	204,1 ^{**}	12,27 ^{ns}
Resíduo	39	51,4	7,74
C.V. (%)		12,6	20,2

* e ** : Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

ANEXO F - Resumo da análise de variância da regressão para as variáveis, número de folhas (NF), área foliar (AF) e área foliar média (AFM), obtidas aos 87 dias após a semeadura em solo argiloso

Fontes de variação	GL	Quadrado médio		
		NF	AF	AFM
Tratamentos	[12]	7.644,7**	10.717.771**	158,85 ^{ns}
Nitrogênio Linear (N)	1	79.182,9**	117.864.831**	305,58 ^{ns}
Potássio Linear (K)	1	190,3 ^{ns}	65.815 ^{ns}	1,51 ^{ns}
Nitrogênio Quadrático (N ²)	1	2.888,7**	3.446.127**	44,04 ^{ns}
Potássio Quadrático (K ²)	1	2.277,9*	4.408.217**	26,31 ^{ns}
Interação (N*K)	1	0,4 ^{ns}	11.375 ^{ns}	151,50 ^{ns}
Interação (N ² *K)	1	2.931,0**	192.459 ^{ns}	919,21**
Interação (N*K ²)	1	287,5 ^{ns}	1.438.645 ^{ns}	148,93 ^{ns}
Interação (N ² *K ²)	1	191,1 ^{ns}	151.358 ^{ns}	3,91 ^{ns}
Independente da regressão	4	946,7 ^{ns}	258.607 ^{ns}	76,30 ^{ns}
Resíduo	39	394,5	445.019	108,27
C.V. (%)		23,4	19,7	24,5

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

ANEXO G - Resumo da análise de variância da regressão para as variáveis, matéria seca do caule (MSCt = ln (MSC), matéria seca das folhas (MSFt = raiz (MSF), matéria seca dos frutos (MSFRU) e matéria seca da parte aérea total (MSTt = raiz (MST)), obtidas aos 87 dias após a semeadura em solo argiloso

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		MSCt	MSFt	MSFRU	MSTt
Tratamentos	[12]	1,14 ^{**}	5,202 ^{**}	128,57 ^{**}	7,84 ^{**}
Nitrogênio Linear (N)	1	9,29 ^{**}	56,091 ^{**}	481,69 ^{**}	79,37 ^{**}
Potássio Linear (K)	1	1,06 ^{**}	0,420 ^{ns}	193,33 ^{**}	0,08 ^{ns}
Nitrogênio Quadrático (N ²)	1	1,17 ^{**}	1,246 [*]	77,49 ^{**}	4,55 ^{**}
Potássio Quadrático (K ²)	1	0,57 [*]	1,696 [*]	43,52 [*]	3,59 ^{**}
Interação (N*K)	1	0,16 ^{ns}	0,160 ^{ns}	30,01 ^{ns}	0,59 ^{ns}
Interação (N ² *K)	1	0,69 [*]	0,745 ^{ns}	5,21 ^{ns}	1,56 [*]
Interação (N*K ²)	1	0,04 ^{ns}	0,547 ^{ns}	92,86 ^{**}	0,04 ^{ns}
Interação (N ² *K ²)	1	0,22 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	360,80 ^{**}	0,42 ^{ns}
Independente da regressão	4	0,13 ^{ns}	0,380 ^{ns}	64,47 ^{**}	0,98 [*]
Resíduo	39	0,12	0,251	10,32	0,34
C.V. (%)		16,4	10,5	24,2	8,7

* ** : Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

ANEXO H - Resumo da análise de variância da regressão para as variáveis, produção total (PROD), peso médio dos frutos (PMF), percentagem de rendimento da superfície do fruto (REND) e diâmetro do fruto (DFRUt = DFRU³), obtidas aos 87 dias após a sementeira em solo argiloso

Fontes de variação	GL	Quadrado médio			
		PROD	PMF	REND	DFRUt
Tratamentos	[12]	76.203**	67.350**	2.427**	249.577**
Nitrogênio Linear (N)	1	529.238**	417.484**	8.488**	1.087.504**
Potássio Linear (K)	1	2.295 ^{ns}	25.592 ^{ns}	627 ^{ns}	60.042 ^{ns}
Nitrogênio Quadrático (N ²)	1	82.984**	79.510**	2.876**	653.657**
Potássio Quadrático (K ²)	1	697 ^{ns}	62 ^{ns}	426 ^{ns}	2.046 ^{ns}
Interação (N*K)	1	33 ^{ns}	6.971 ^{ns}	49 ^{ns}	14 ^{ns}
Interação (N ² *K)	1	35.118*	33.902 ^{ns}	176 ^{ns}	123.046*
Interação (N*K ²)	1	54.981*	36.363*	1.193*	149.261*
Interação (N ² *K ²)	1	180.142**	169.177**	10.772**	734.490**
Independente da regressão	4	7.237 ^{ns}	9.784 ^{ns}	1.134**	46.215 ^{ns}
Resíduo	39	8.483	9.202	286	24.711
C.V. (%)		21,1	23,3	22,2	21,2

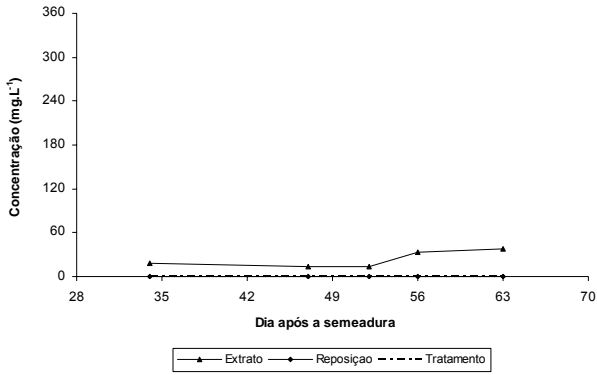
* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

ANEXO I - Resumo da análise de variância da regressão para as variáveis, espessura da polpa (ESP), firmeza da polpa (FIRM) e graus brix (BRIXt = raiz (BRIX) dos frutos obtidos aos 87 dias após a semeadura em solo argiloso

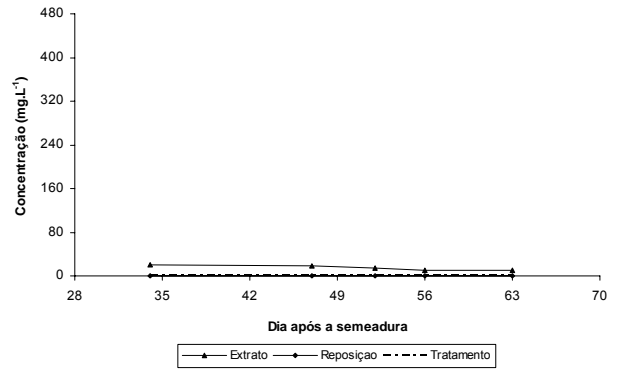
Fontes de variação	GL	Quadrado médio		
		ESP	FIRM	BRIXt
Tratamentos	[12]	0,74 ^{**}	23,77 ^{**}	0,340 ^{**}
Nitrogênio Linear (N)	1	4,52 ^{**}	92,71 ^{**}	0,067 ^{ns}
Potássio Linear (K)	1	0,001 ^{ns}	39,48 [*]	0,511 ^{**}
Nitrogênio Quadrático (N ²)	1	1,26 ^{**}	48,27 [*]	0,069 ^{ns}
Potássio Quadrático (K ²)	1	0,04 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,009 ^{ns}
Interação (N*K)	1	0,14 ^{ns}	0,56 ^{ns}	0,066 ^{ns}
Interação (N ² *K)	1	0,02 ^{ns}	13,51 ^{ns}	0,119 ^{ns}
Interação (N*K ²)	1	0,04 ^{ns}	3,30 ^{ns}	0,021 ^{ns}
Interação (N ² *K ²)	1	2,38 ^{**}	37,00 [*]	1,042 ^{**}
Independente da regressão	4	0,12 ^{ns}	12,33 ^{ns}	0,543 ^{**}
Resíduo	39	0,09	7,44	0,045
C.V. (%)		13,1	38,8	7,9

* e **: Significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

APÊNDICES

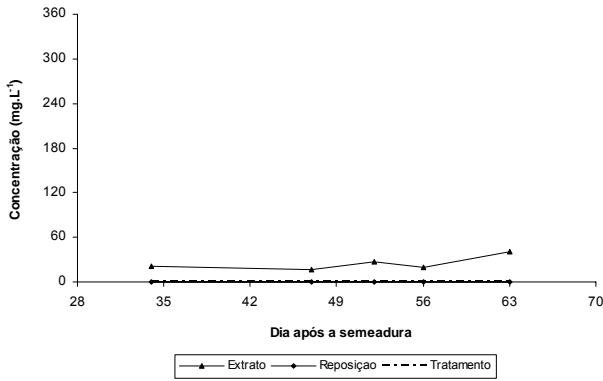


(a)

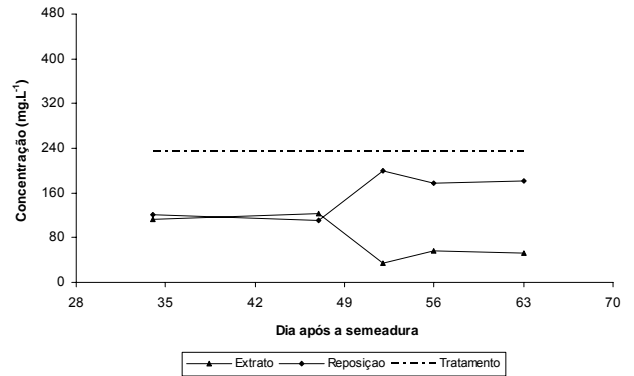


(b)

APÊNDICE A - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 1 (N = 0 e K = 0 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

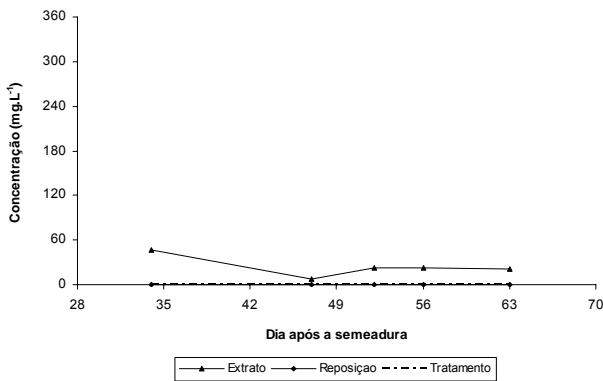


(a)

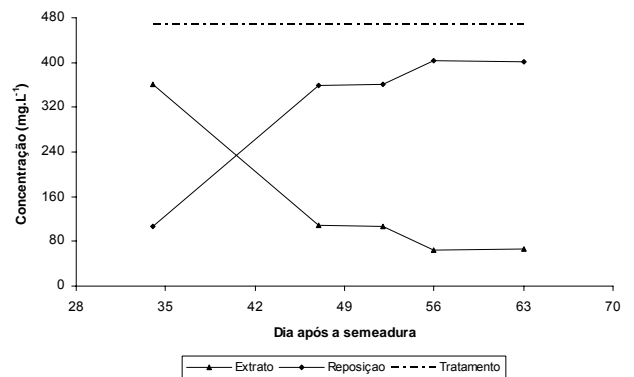


(b)

APÊNDICE B - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 2 (N = 0 e K = 234 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

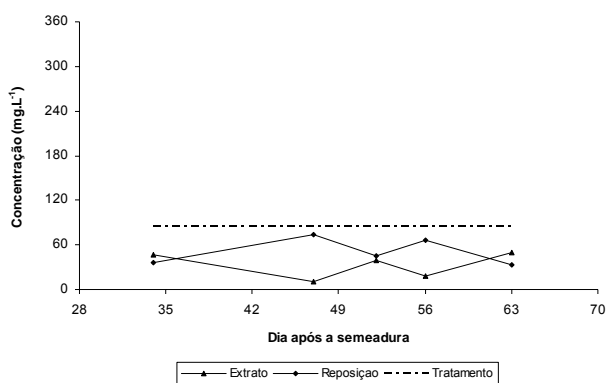


(a)

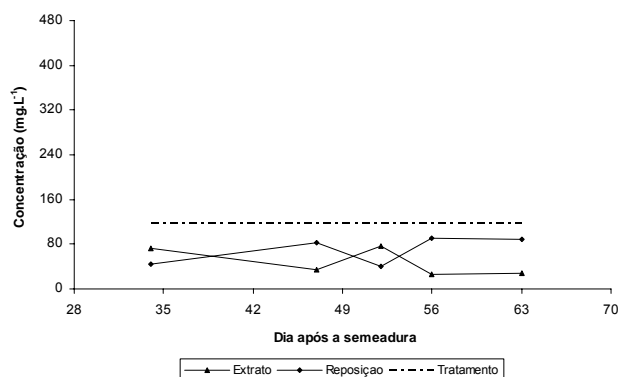


(b)

APÊNDICE C - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 3 (N = 0 e K = 468 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

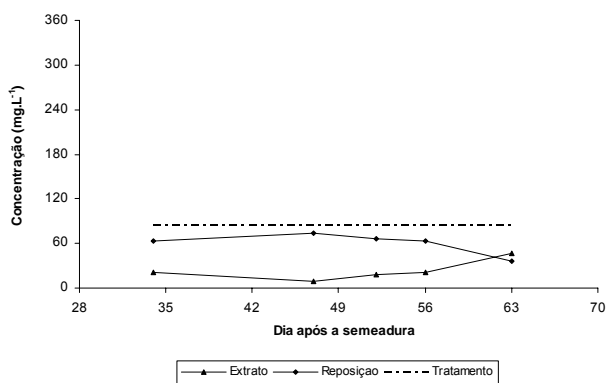


(a)

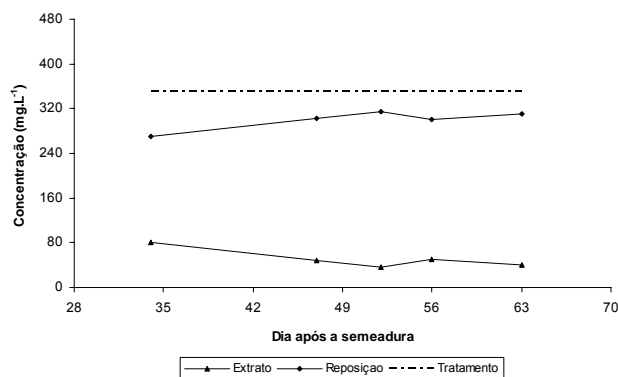


(b)

APÊNDICE D - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 4 ($N = 84$ e $K = 117 \text{ mg L}^{-1}$) em função de dia após a semeadura

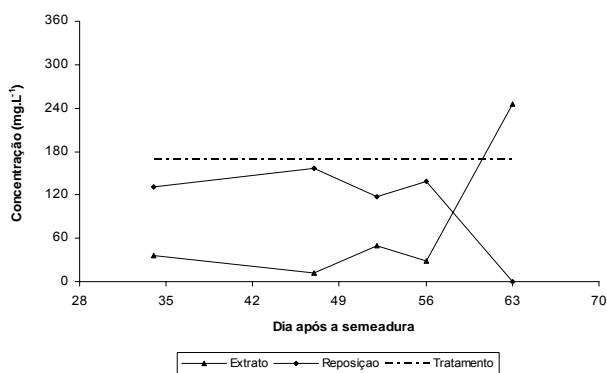


(a)

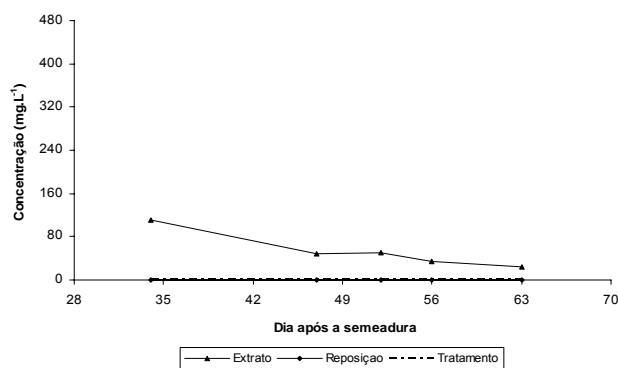


(b)

APÊNDICE E - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 5 ($N = 84$ e $K = 351 \text{ mg L}^{-1}$) em função de dia após a semeadura

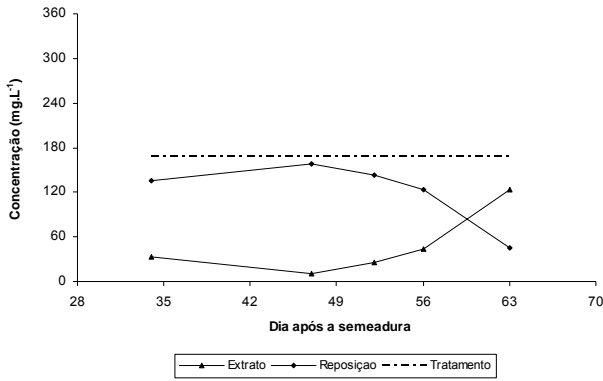


(a)

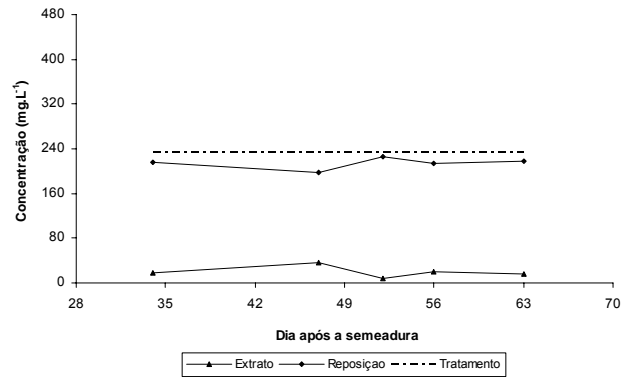


(b)

APÊNDICE F - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 6 ($N = 168$ e $K = 0 \text{ mg L}^{-1}$) em função de dia após a semeadura

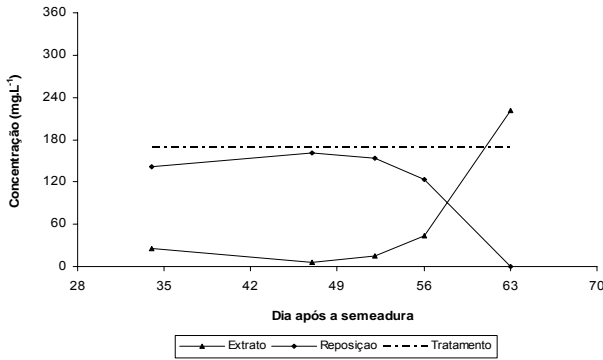


(a)

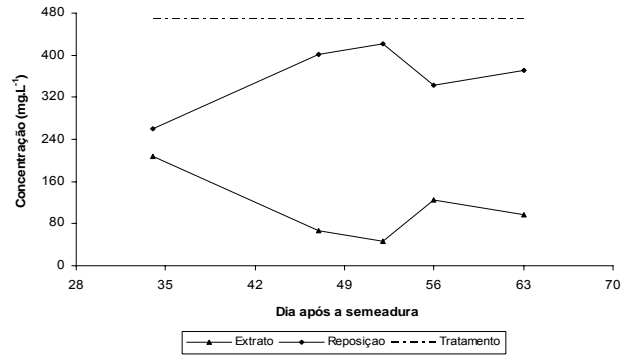


(b)

APÊNDICE G - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 7 (N = 168 e K = 234 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

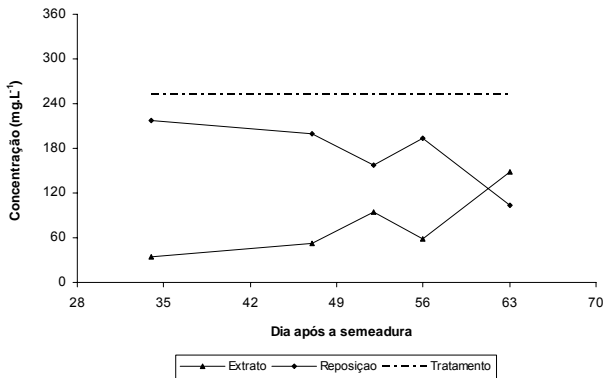


(a)

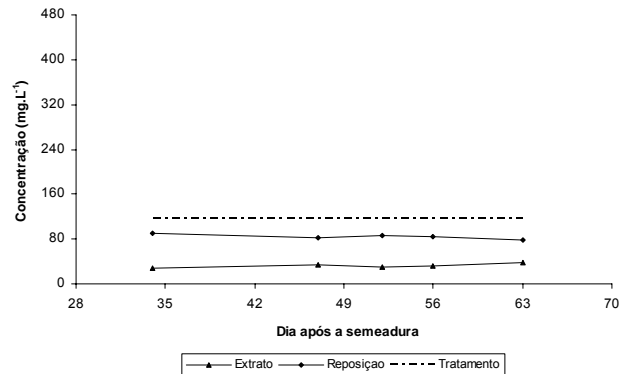


(b)

APÊNDICE H - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 8 (N = 168 e K = 468 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

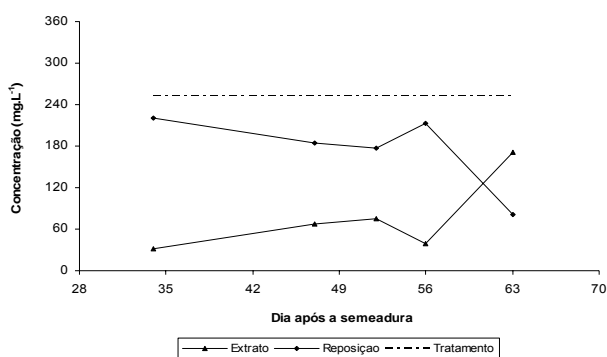


(a)

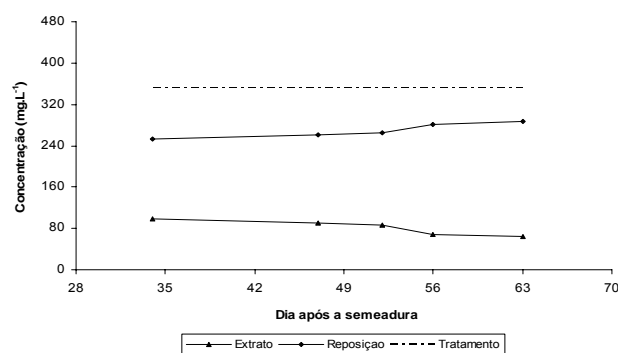


(b)

APÊNDICE I - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 9 (N = 252 e K = 117 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

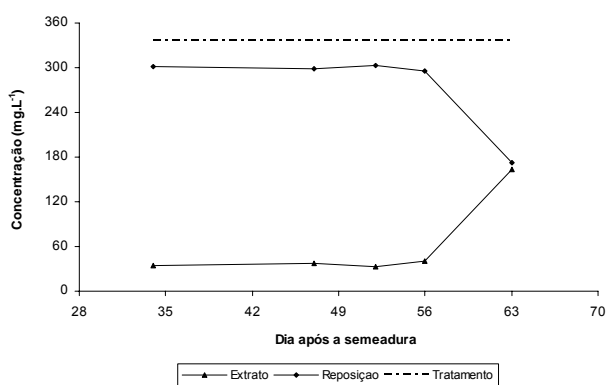


(a)

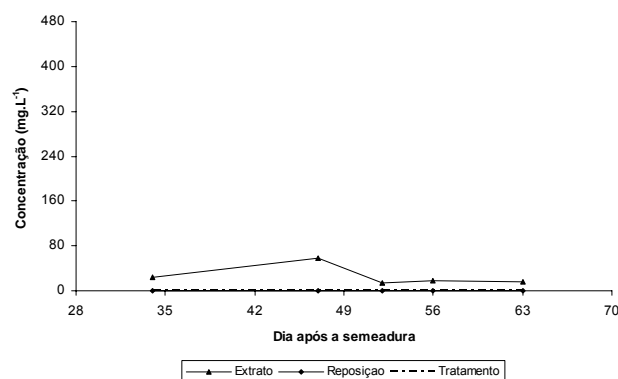


(b)

APÊNDICE J - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 10 ($N = 252$ e $K = 351$ mg L^{-1}) em função de dia após a semeadura

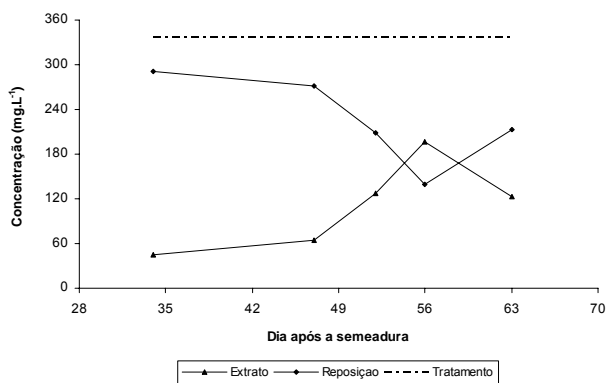


(a)

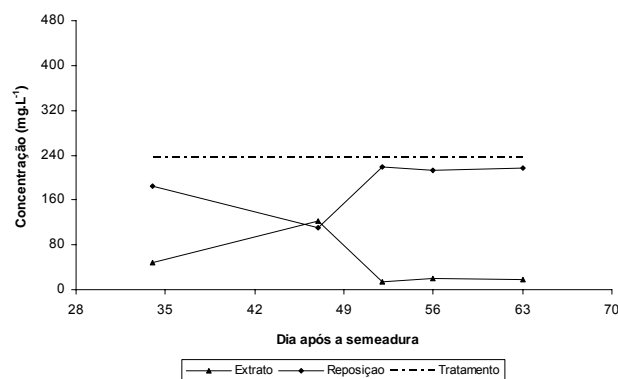


(b)

APÊNDICE K - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 11 ($N = 336$ e $K = 0$ mg L^{-1}) em função de dia após a semeadura

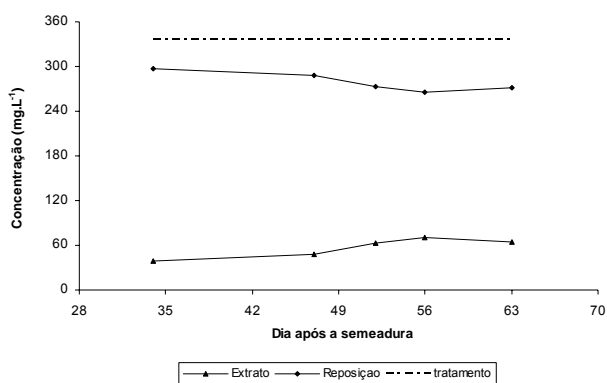


(a)

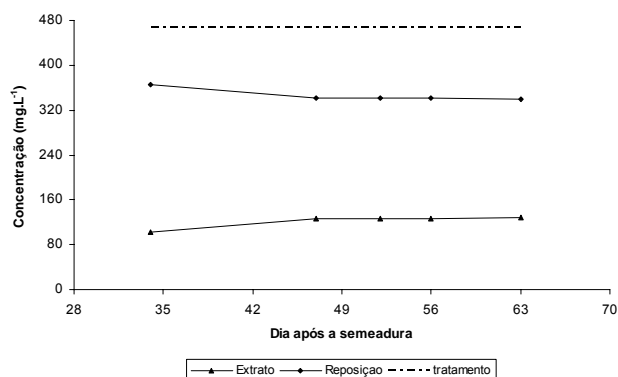


(b)

APÊNDICE L - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 12 ($N = 336$ e $K = 234$ mg L^{-1}) em função de dia após a semeadura

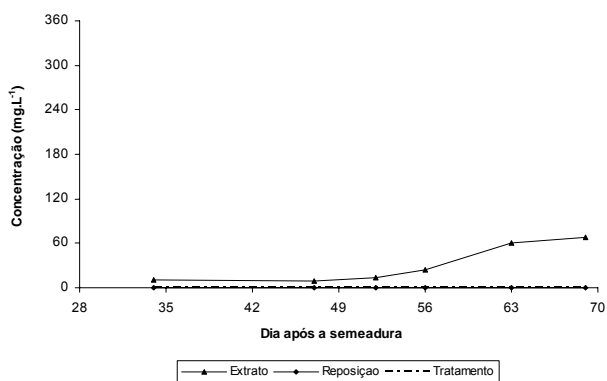


(a)

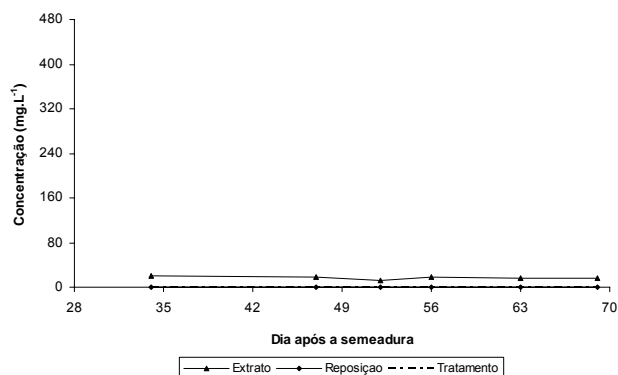


(b)

APÊNDICE M - Monitoramento da solução do solo arenoso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 13 ($N = 336$ e $K = 468$ mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

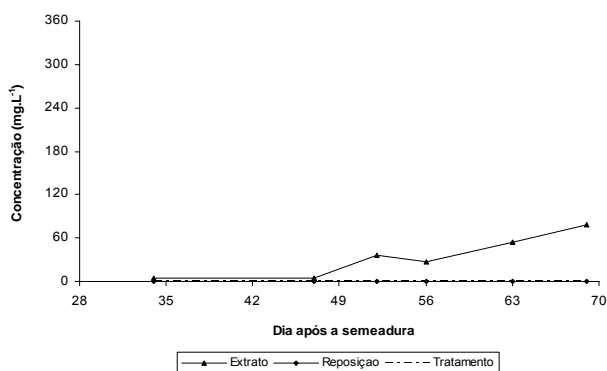


(a)

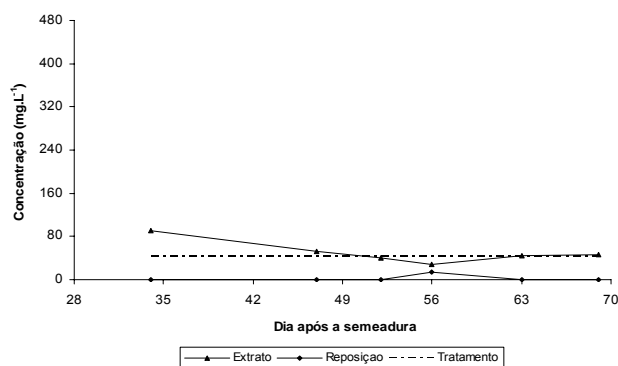


(b)

APÊNDICE N - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 1 ($N = 0$ e $K = 0$ mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

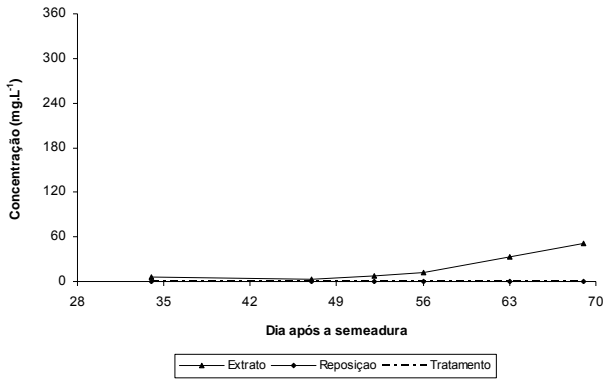


(a)

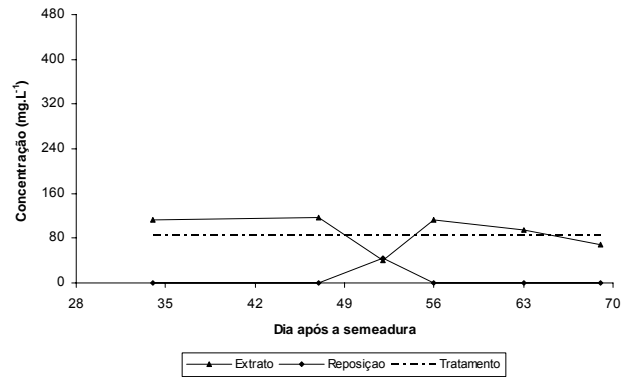


(b)

APÊNDICE O - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 2 ($N = 0$ e $K = 42$ mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

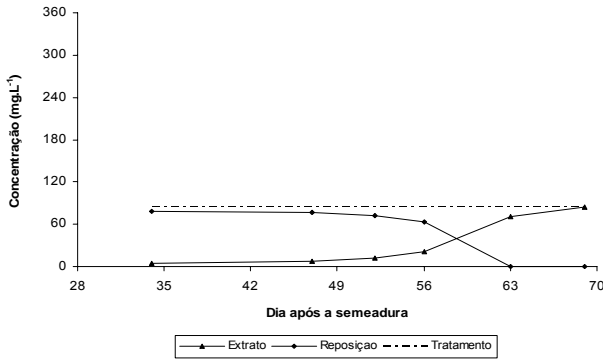


(a)

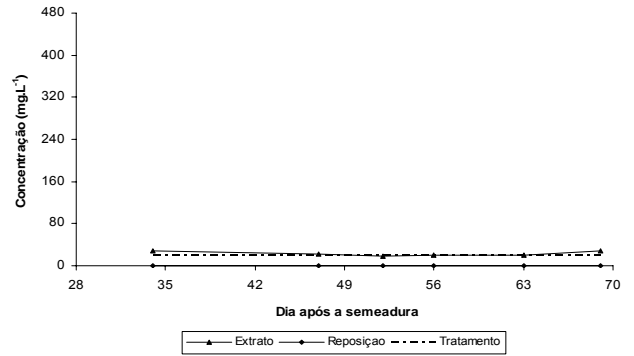


(b)

APÊNDICE P - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 3 (N = 0 e K = 84 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

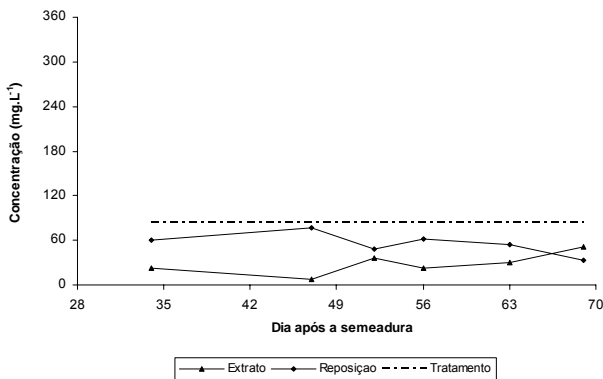


(a)

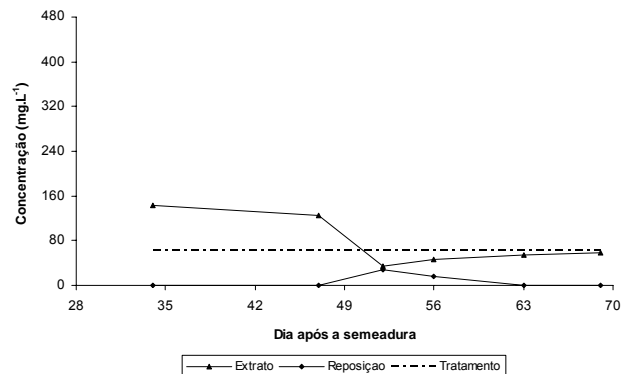


(a)

APÊNDICE Q - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 4 (N = 84 e K = 21 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

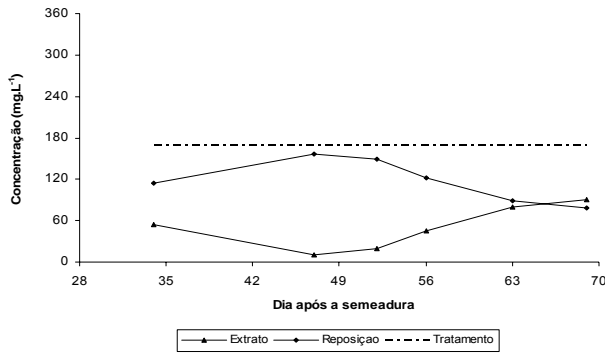


(a)

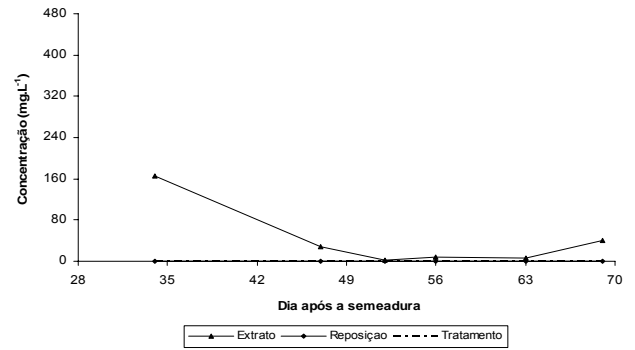


(b)

APÊNDICE R - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 5 (N = 84 e K = 63 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

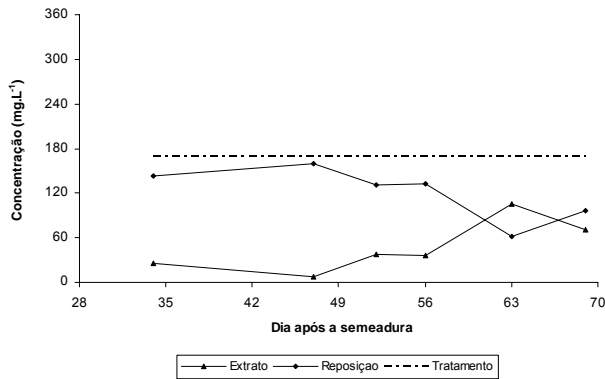


(a)

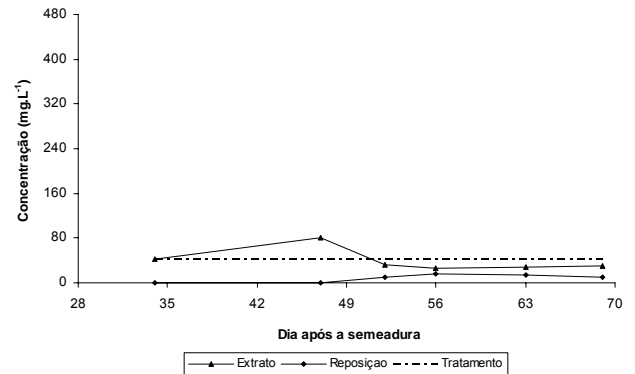


(b)

APÊNDICE S - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 6 (N = 168 e K = 0 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

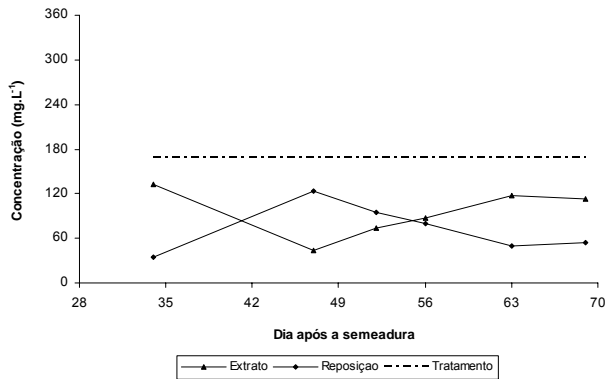


(a)

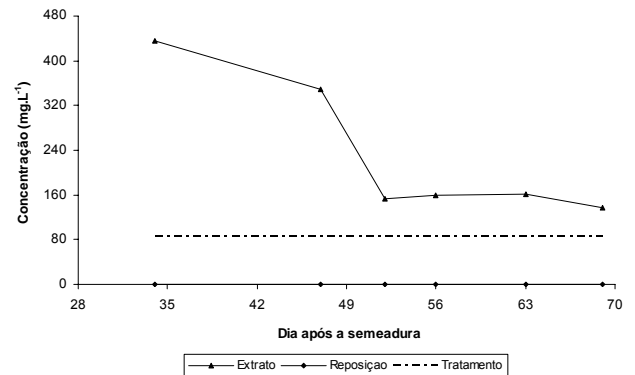


(b)

APÊNDICE T - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 7 (N = 168 e K = 42 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

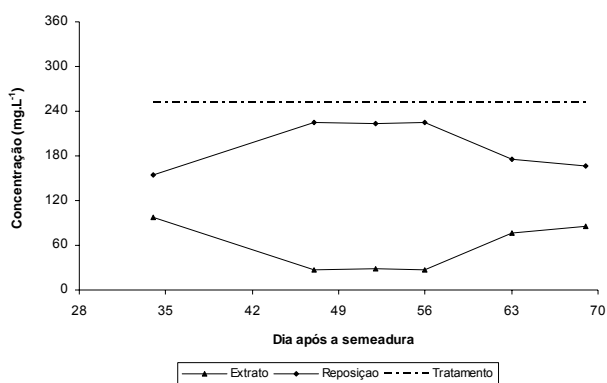


(a)

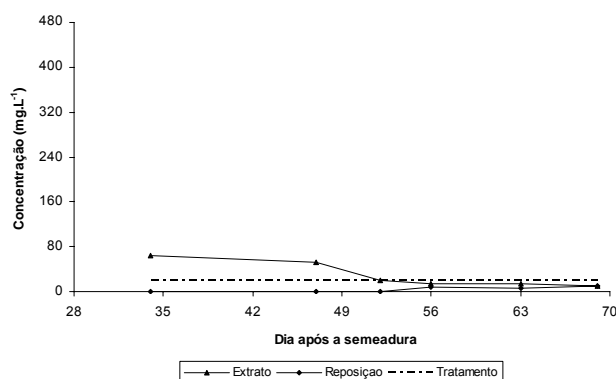


(b)

APÊNDICE U - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 8 (N = 168 e K = 84 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

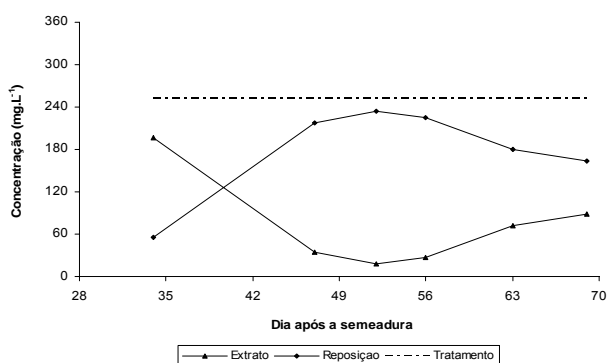


(a)

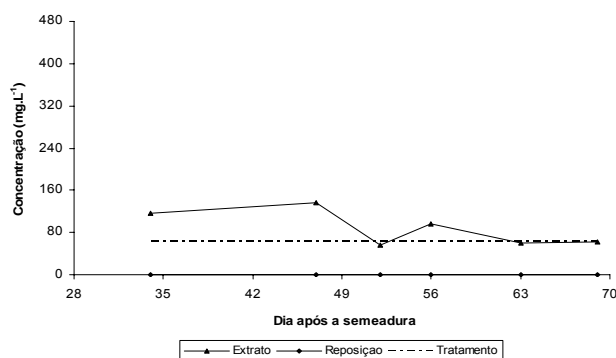


(b)

APÊNDICE V - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 9 ($N = 252$ e $K = 21 \text{ mg L}^{-1}$) em função de dia após a semeadura

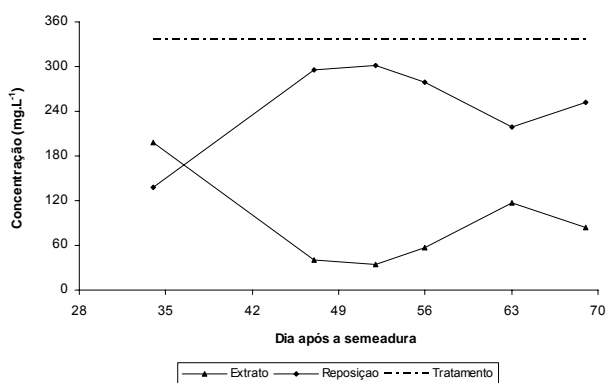


(a)

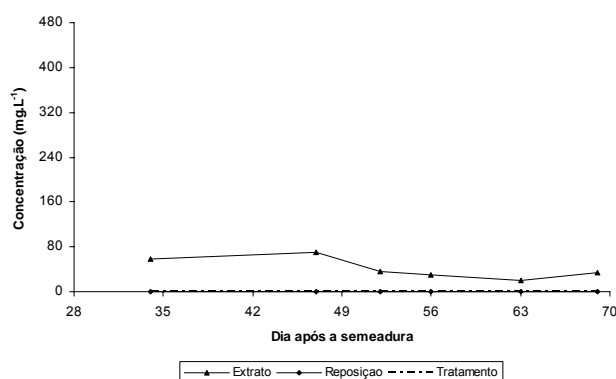


(b)

APÊNDICE W - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 10 ($N = 252$ e $K = 63 \text{ mg L}^{-1}$) em função de dia após a semeadura

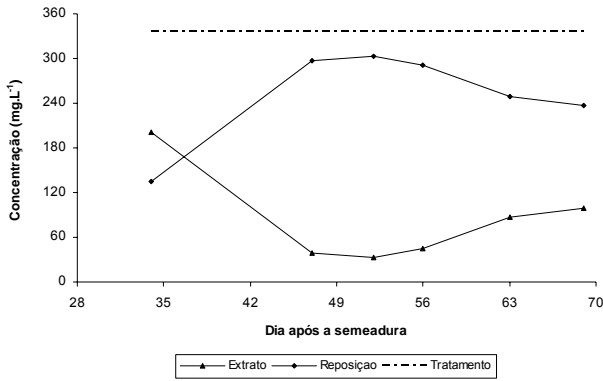


(a)

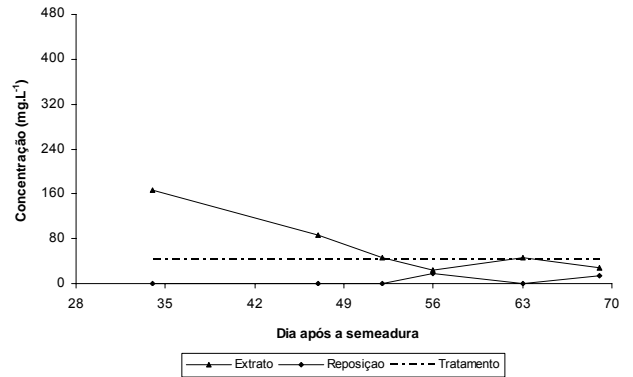


(b)

APÊNDICE X - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 11 ($N = 336$ e $K = 0 \text{ mg L}^{-1}$) em função de dia após a semeadura

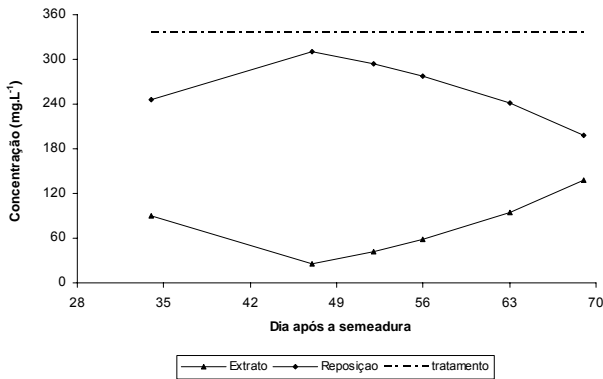


(a)

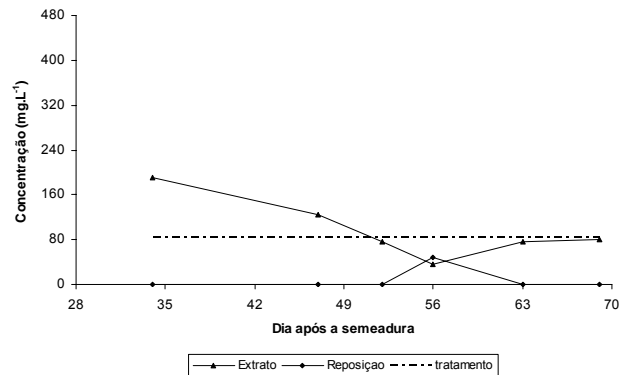


(b)

APÊNDICE Y - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 12 (N = 336 e K = 42 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura



(a)



(b)

APÊNDICE Z - Monitoramento da solução do solo argiloso e reposição em fertirrigação da concentração de nitrogênio (a) e potássio (b) para o tratamento 13 (N = 336 e K = 84 mg L⁻¹) em função de dia após a semeadura

APÊNDICE AA - Quantidade total da solução estoque (1 mol L^{-1}) usada em cada vaso no experimento do solo arenoso

Tratamento	Fertilizante (mL)							
	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂	MgSO ₄	KCl	CaCl ₂	NaNO ₃	H ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄
1	0,0	0,0	4,3	0,0	17,0	0,0	3,0	0,0
2	0,0	0,0	4,3	114,9	17,0	0,0	3,0	0,0
3	0,0	0,0	4,3	218,8	17,0	0,0	0,0	3,0
4	19,5	0,0	4,3	31,6	17,0	15,4	0,0	3,0
5	26,9	6,0	4,3	170,1	11,0	0,0	0,0	3,0
6	0,0	17,0	4,3	0,0	5,0	40,1	3,0	0,0
7	53,6	12,0	4,3	88,6	5,0	0,0	3,0	0,0
8	51,6	12,0	4,3	189,5	5,0	0,0	0,0	3,0
9	44,0	19,3	4,3	14,9	1,3	33,0	0,0	3,0
10	84,2	15,0	4,3	94,3	2,0	1,3	0,0	3,0
11	10,8	18,3	4,3	0,0	0,0	110,3	3,0	0,0
12	97,1	17,0	4,3	33,3	0,0	19,0	0,0	3,0
13	131,3	17,0	4,3	99,2	0,0	3,3	0,0	3,0

APÊNDICE AB - Quantidade total da solução estoque (1 mol L^{-1}) usada em cada vaso no experimento do solo argiloso

Tratamento	Fertilizante (mL da solução estoque por vaso)							
	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂	MgSO ₄	KCl	CaCl ₂	NaNO ₃	H ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄
1	0,0	0,0	12,5	0,0	50,5	0,0	5,5	0,0
2	0,0	0,0	12,5	152,3	50,5	0,0	5,5	0,0
3	0,0	0,0	12,5	259,6	50,5	0,0	0,0	5,5
4	33,6	5,8	12,5	27,5	50,5	37,3	0,0	5,5
5	22,3	17,0	12,5	202,6	31,8	36,0	0,0	5,5
6	0,0	49,3	12,5	0,0	12,3	97,0	5,5	0,0
7	76,2	38,5	12,5	127,9	13,8	63,3	5,5	0,0
8	24,2	46,3	12,5	262,2	11,8	51,3	0,0	5,5
9	90,5	59,5	12,5	3,3	7,0	110,0	0,0	5,5
10	57,8	88,8	12,5	135,9	0,0	73,8	0,0	5,5
11	0,0	97,5	12,5	0,0	0,0	214,3	5,5	0,0
12	134,6	86,3	12,5	35,8	0,0	132,8	0,0	5,5
13	139,8	72,8	12,5	185,3	0,0	150,8	0,0	5,5

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)