

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

Efeito de variáveis físicas do ambiente na cultura do amendoim e na dinâmica dos íons cálcio e potássio no solo, aplicados via fertirrigação

João Batista Ribeiro da Silva Reis

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

**Piracicaba
2010**

João Batista Ribeiro da Silva Reis
Engenheiro Agrícola

Efeito de variáveis físicas do ambiente na cultura do amendoim e na dinâmica dos íons cálcio e potássio no solo, aplicados via fertirrigação

Orientador:
Prof. Dr. **JARBAS HONORIO DE MIRANDA**

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

**Piracicaba
2010**

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

Reis, João Batista Ribeiro da Silva

Efeito de variáveis físicas do ambiente na cultura do amendoim e na dinâmica dos íons cálcio e potássio no solo, aplicados via fertirrigação / João Batista Ribeiro da Silva Reis. - Piracicaba, 2010.

101 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2010.
Bibliografia.

1. Agroclimatologia 2. Amendoim 3. Cálcio 4. Fertirrigação 5. Potássio 6. Produtividade 7. Solo 8. Soluto I. Título

CDD 635.659
R375e

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

DEDICATÓRIA

Aos meus pais,
João Ribeiro e
Vitória Ramos Ribeiro (“*in memoriam*”),
pela constante presença física e espiritual, construindo-me um ser humano
inteiro e com força necessária para querer sempre crescer,

OFEREÇO

À minha família, e aos amigos que também
se tornaram parte dela,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre estará na minha companhia e que me deu de graça a vida e, velando por mim ao longo dessa trajetória, tornou possível a realização desta etapa da vida;

Ao meu pai, João Ribeiro, e à minha eterna mãe, Vitória Ramos Ribeiro;

Aos meus irmãos;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, especialmente ao programa de pós-graduação em Irrigação e Drenagem, pela oportunidade da realização do curso;

Ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro a esta pesquisa, através do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCTEI);

Ao professor orientador, Dr. Jarbas Honorio de Miranda, pelo apoio, orientação e pelos ensinamentos para a minha formação profissional;

A todos os professores do curso de pós-graduação em Irrigação e Drenagem;

Aos membros da banca examinadora da defesa de tese Sérgio Nascimento Duarte, Antonio Marciano da Silva, Fátima Conceição Rezende, Anderson Luiz de Souza por contribuírem significativamente para uma discussão efetiva dos dados apresentados;

Ao professor Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias, pela ajuda na elaboração e execução das análises estatísticas;

Ao professor Dr. Marcelo Eduardo Alves, pelo apoio durante a execução das análises laboratoriais e pelos conceitos na área química;

Ao professor Dr. Eduardo Micoti da Gloria, pelos ensinamentos na área de pós-colheita do amendoim e por ceder o Laboratório de Alimentos e Nutrição - LAN para realização das análises;

Aos colegas Luís Ricardo Bérghamo e Ricardo Borghini Borges, pelo apoio durante a condução do experimento;

Aos funcionários dos Laboratórios de Irrigação e de Física do Solo, Hélio, Luiz e Gilmar, e da parte de campo, Seu Antonio, pelo grande auxílio e cooperação;

Aos colegas de curso, João Lelis, Marcos Schaaf, Marconi, Valfisio, Sergio Weine, Allan,

Pedro Róbinson, Sérgio Medeiros, Pabblo, Cícero, Antonio Clarette, Kelly, Rochane, Pedro Giongo, Alessandro e Alex Brito;

Aos colegas de apartamento, Stoécio, Jackson, Alisson, Lucas, Elenílson, pela companhia;

Aos amigos Sílvio, Marco Rosa, Robson Sousa, Cláudio Uyeda, Roque, pelos momentos de alegria e amizade;

Ao grande amigo e companheiro Jaedson, pela compreensão, apoio incondicional e por estar sempre presente;

Enfim, a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO | 9 |
| ABSTRACT | 11 |
| LISTA DE FIGURAS | 13 |
| LISTA DE TABELAS | 15 |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 17 |
| 2 DESENVOLVIMENTO..... | 19 |
| 2.1 Considerações gerais sobre a cultura do amendoim..... | 19 |
| 2.2 Elementos climáticos | 24 |
| 2.3 Exigências nutricionais..... | 26 |
| 2.4 Transporte de solutos..... | 30 |
| 2.5 Material e métodos | 31 |
| 2.5.1 Localização da área experimental..... | 31 |
| 2.5.2 Instalação e condução do experimento..... | 32 |
| 2.5.3 Delineamento experimental..... | 33 |
| 2.5.3.1 Ambientes protegidos | 34 |
| 2.5.3.2 Ambiente a céu aberto | 35 |
| 2.5.4 Manejo da irrigação (aplicação das soluções de cálcio e potássio)..... | 36 |
| 2.5.4.1 Curva característica de retenção de água no solo..... | 36 |
| 2.5.4.2 Fertirrigação..... | 38 |
| 2.5.5 Análise do solo | 41 |
| 2.5.6 Controle de doenças e pragas | 42 |
| 2.5.7 Monitoramento das variáveis climáticas | 42 |
| 2.5.8 Parâmetros fitotécnicos e de pós-colheita | 44 |
| 2.5.9 Monitoramento da dinâmica de solutos e pH..... | 45 |
| 2.6 Resultados e discussão | 46 |
| 2.6.1 Ambientes protegidos | 46 |
| 2.6.1.1 Temperatura do ar e umidade relativa do ar..... | 46 |
| 2.6.1.2 Potássio..... | 48 |
| 2.6.1.3 Cálcio..... | 51 |

| | |
|---|----|
| 2.6.1.4 Potencial hidrogeniônico (pH)..... | 51 |
| 2.6.1.5 Parâmetros vegetativos | 55 |
| 2.6.1.6 Produção de grãos | 55 |
| 2.6.2 Ambiente a céu aberto..... | 59 |
| 2.6.2.1 Precipitação pluvial..... | 59 |
| 2.6.2.2 Temperatura do ar e umidade relativa..... | 63 |
| 2.6.2.3 Potássio | 64 |
| 2.6.2.4 Cálcio | 65 |
| 2.6.2.5 Potencial hidrogeniônico (pH)..... | 67 |
| 2.6.2.6 Parâmetros vegetativos | 68 |
| 2.6.2.7 Produção de grãos | 69 |
| 2.6.2.8 Número de vagens..... | 70 |
| 2.6.3 Atividade da água nos grãos | 71 |
| 3 CONCLUSÕES | 81 |
| REFERÊNCIAS..... | 83 |
| ANEXOS | 89 |

RESUMO

Efeito de variáveis físicas do ambiente na cultura do amendoim e na dinâmica dos íons cálcio e potássio no solo, aplicados via fertirrigação

O amendoim é uma cultura de grande importância econômica que apresenta facilidade na sua condução e é cultivada em diversas regiões do Brasil como também no exterior. Portanto, objetivou-se com a presente pesquisa verificar a influência de ambientes protegido de cultivo e aplicações, via fertirrigação, de íons cálcio e potássio, sobre a cultura do amendoim, em dois ciclos distintos. O experimento foi instalado no posto agrometeorológico da ESALQ/USP, do Departamento de Engenharia de Biosistemas, e dividido em dois ciclos vegetativos, onde foram utilizados doze lisímetros, preenchidos com solo Argissolo Vermelho Amarelo. Foram considerados sobre os lisímetros três ambientes: a céu aberto e utilizando filmes plásticos (75 e 150 micrometros de espessura). Cada ambiente foi constituído por 4 lisímetros. As análises estatísticas foram realizadas separadamente, a saber: ambientes protegidos diferenciados pela espessura do filme plástico; ambiente a céu aberto. Para o manejo da irrigação a fertirrigação foi determinada em função do período das aplicações e do turno de rega. As variáveis climáticas foram coletadas por data logger (Hobbo) (temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura do ponto de orvalho, densidade de fluxo radiante) e precipitação pluvial. Foram avaliados os parâmetros altura da planta e diâmetro do caule. Os parâmetros de pós-colheita avaliados foram produção, produtividade, número de vagens e umidade do grão. Foram determinadas as concentrações dos íons Ca^{++} e K^+ e o potencial hidrogeniônico (pH). Pôde-se concluir que o íon potássio apresentou, no ciclo mais seco, uma baixa mobilidade no solo para os três ambientes estudados e o íon cálcio também apresentou baixa mobilidade no solo para os três ambientes, porém, para os dois ciclos da cultura. Dos três ambientes avaliados, o mais indicado para o cultivo do amendoim foi o instalado a céu aberto, no ciclo mais chuvoso da cultura. Em termos de ambiente protegido, o mais indicado para o cultivo e condução da cultura foi o de 75 μm . Os parâmetros vegetativos altura da planta e diâmetro de caule obtiveram resultados expressivos somente no primeiro ciclo da cultura nos três ambientes avaliados. Entre os ambientes protegidos, no qual foi instalado o filme plástico de 75 μm , para obtenção de uma boa produtividade no primeiro ciclo da cultura, deve ser aplicada uma faixa média de temperatura de ponto de orvalho de 20,1 $^{\circ}\text{C}$; no ambiente a céu aberto, a faixa média de temperatura de ponto de orvalho deve estar em torno de 20,79 $^{\circ}\text{C}$ para obtenção de uma boa produtividade no ciclo mais chuvoso, ao passo que uma temperatura média de 6,22 $^{\circ}\text{C}$ no ciclo mais seco torna-se um fator limitante a não realização do plantio. A melhor época para o cultivo e condução do amendoim, seja num ambiente a céu aberto como num ambiente protegido, é a denominada “amendoim das águas”, compreendida geralmente entre setembro ou outubro até fevereiro do próximo ano. A concentração para uma aplicação ideal dos nutrientes estudados foi a de 100% da demanda requerida pela cultura, no período normal de cultivo do amendoim (ciclo chuvoso), considerando o fator pós-colheita.

Palavras-chave: Solutos; Climatologia; Produtividade

ABSTRACT

Effect of environmental variables on peanut crop and calcium and potassium ions displacement in soil with fertigation

The peanut is a crop of great economic importance that is easy to grow and is cultivated in several areas of Brazil and the world. The aim was to verify the influence of different environments and applications of calcium and potassium ions by fertigation on the peanut crop. The research was carried out at ESALQ/USP, of Biosystems Engineering Department. This was divided in two vegetative cycles, in which twelve lysimeters were used and filled with an Arenic Abruptic Paleudult soil. The treatments considered for the lysimeters was three solar environments of open sky and using two thicknesses of plastic films (75 and 150 micrometers of thickness). Each environment was replicated by 4 lysimeters. Irrigation management for the fertigation was determined as a function of the period of applications and the interval of irrigation. Climatic variables were collected by data logger (Hobo) (air temperature, air humidity, dew point temperature, density of radiant flow and precipitation. Crop height and stem diameter were evaluated as growth parameters. The parameters after harvest were total yield, number of nuts, and kernel moisture. Calcium and Potassium concentrations were also obtained as well as hydrogenionic potential. It was determine that the potassium ion presented in driest cycle with low mobility in soil for the three studied environments and the calcium ion also had low mobility in soil for the three environments for both cycles of the crop. Of the three evaluated environments, the best for tillage of peanut was that installed to open sky in the rainiest cycle of the crop. When considering the two protected environments, the best for tillage and growth of the crop was that of 75 μm . The vegetative parameters, plant height and stem diameter, only obtained expressive results in first cycle of the crop in the three evaluated environments. For protected environments, in which plastic film of 75 μm was installed, a good yield in first cycle of the crop required a medium value of dew point temperature of 20.1 $^{\circ}\text{C}$, in the environment to open sky, the medium value of dew point temperature should be around 20.79 $^{\circ}\text{C}$ for obtaining of a good yield in the rainiest cycle. A medium temperature of 6.22 $^{\circ}\text{C}$ in the driest cycle becomes a limiting factor to the non development of the crop. The best time for tillage and growth of peanut in an environment to open sky and in a protected environment, is denominated "waters peanut", generally occurred between September or October through February of the following year. An ideal application of nutrients was 100% of the demand required by the crop, in normal period of peanut's tillage (raining cycle) considering factor after harvest.

Keywords: Solutes; Climatology; Yield

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Disposição dos lisímetros antes e após a instalação dos filmes plásticos..... | 33 |
| Figura 2 - Esquema ilustrativo da posição (a) e disposição dos extratores de solução na fileira de plantas (b)..... | 34 |
| Figura 3 - Representação esquemática da distribuição dos ambientes protegidos | 35 |
| Figura 4 - Representação esquemática da distribuição do ambiente a céu aberto | 36 |
| Figura 5 - Curva característica de retenção de água no solo para as camadas de 0,00-0,15 m, 0,15-0,30 m e 0,30-0,45 m..... | 38 |
| Figura 6 - Disposição do sistema de irrigação..... | 40 |
| Figura 7 - Posicionamento do data logger em campo para coleta de dados meteorológicos | 43 |
| Figura 8 - Luxímetro e estação automática localizada no posto meteorológico | 44 |
| Figura 9 - Aparelho utilizado para determinação da atividade da água no grão e na casca do amendoim | 45 |
| Figura 10 - Aparelhos utilizados para as determinações de concentrações dos íons K ⁺ (a) e Ca ⁺⁺ (b)..... | 46 |
| Figura 11 - Temperatura do ar (a) e umidade relativa (b) nos ambientes protegidos para o primeiro ciclo experimental..... | 47 |
| Figura 12 - Temperatura do ar (a) e umidade relativa (b) nos ambientes protegidos para o segundo ciclo experimental | 48 |
| Figura 13 - Distribuição do íon potássio no solo para os ambientes protegidos com filme plástico de 75 (a) e 150 micrometros (b)..... | 50 |
| Figura 14 - Distribuição do íon cálcio no solo para os ambientes protegidos com filme plástico de 75 (a) e 150 micrometros (b) | 53 |
| Figura 15 - Temperaturas do ponto de orvalho referentes ao primeiro (a) e segundo (b) ciclos experimentais..... | 60 |
| Figura 16 - Precipitações pluviais referentes ao primeiro ciclo vegetativo da cultura do amendoim | 61 |
| Figura 17 - Precipitações pluviais referentes ao segundo ciclo vegetativo da cultura do amendoim | 62 |
| Figura 18 - Temperatura do ar no ambiente a céu aberto ao longo dos dois ciclos de cultivo | 63 |

| | |
|--|----|
| Figura 19 - Umidade relativa no ambiente a céu aberto ao longo dos dois ciclos de cultivo..... | 63 |
| Figura 20 - Distribuição do íon potássio no solo no ambiente a céu aberto | 65 |
| Figura 21 - Distribuição do íon cálcio no solo no ambiente a céu aberto..... | 66 |
| Figura 22 - Temperatura do ponto de orvalho do ambiente a céu aberto | 70 |
| Figura 23 - Correlação entre o número de vagens e a produção no ambiente a céu aberto..... | 71 |
| Figura 24 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 75 µm (Lisímetro 1) | 72 |
| Figura 25 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do ambiente a céu aberto (Lisímetro 5).... | 73 |
| Figura 26 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 150 µm (Lisímetro 9) | 73 |
| Figura 27 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 75 µm (Lisímetro 2) | 74 |
| Figura 28 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do ambiente a céu aberto (Lisímetro 6).... | 75 |
| Figura 29 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 150 µm (Lisímetro 10) | 75 |
| Figura 30 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 75 µm (Lisímetro 3) | 76 |
| Figura 31 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do ambiente a céu aberto (Lisímetro 7).... | 76 |
| Figura 32 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 150 µm (Lisímetro 11) | 77 |
| Figura 33 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 75 µm (Lisímetro 4) | 78 |
| Figura 34 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do ambiente a céu aberto (Lisímetro 8).... | 78 |
| Figura 35 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 150 µm (Lisímetro 12) | 79 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Parâmetros do modelo de van Genuchten para o ajuste da curva de retenção de água no solo | 37 |
| Tabela 2 - Análise química inicial do solo | 41 |
| Tabela 3 - Análise química do solo no final do primeiro ciclo vegetativo | 41 |
| Tabela 4 - Análise química do solo no final do segundo ciclo vegetativo | 42 |
| Tabela 5 - Análise granulométrica do solo para as camadas de 0-0,15 m; 0,15-0,30 m e 0,30-0,45 m. | 42 |
| Tabela 6 - Valores médios das concentrações de potássio (mg L^{-1}) para os ambientes protegidos, ciclos de cultivo, profundidades e soluções estudadas | 49 |
| Tabela 7 - Valores médios das concentrações de cálcio (mg L^{-1}) para os ambientes protegidos, ciclos de cultivo, profundidades e soluções estudadas | 52 |
| Tabela 8 - Valores médios de pH para os ambientes protegidos, ciclos de cultivo, profundidades e soluções estudadas | 54 |
| Tabela 9 - Valores médios de altura de planta (cm) para os ambientes protegidos, ciclos de cultivo e soluções estudadas* | 56 |
| Tabela 10 - Valores médios de diâmetro de caule (mm) para os ambientes protegidos, ciclos de cultivo e soluções estudadas* | 57 |
| Tabela 11 - Valores médios de produção de amendoim (g) para os ambientes protegidos, ciclos de cultivo, profundidades e soluções estudadas* | 58 |
| Tabela 12 - Valores médios de concentrações de potássio (mg L^{-1}) nos dois ciclos de cultivos, profundidades e soluções estudadas* | 64 |
| Tabela 13 - Valores médios de concentrações de cálcio (mg L^{-1}) nos dois ciclos de cultivo, profundidades e soluções estudadas* | 66 |
| Tabela 14 - Valores médios de potencial hidrogeniônico nos dois ciclos de cultivo, profundidades e soluções estudadas* | 67 |
| Tabela 15 - Densidade de fluxo radiante (q_1) ao longo dos DAS, sob a condição sem cobertura plástica (ambiente a céu aberto) do primeiro (a) e segundo (b) ciclos vegetativos | 68 |
| Tabela 16 - Altura das plantas (cm) nos dois ciclos da cultura | 68 |

| | |
|--|----|
| Tabela 17 - Diâmetro do caule (mm) nos dois ciclos da cultura* | 69 |
| Tabela 18 - Valores médios de produção (g) de amendoim no ambiente a céu aberto em profundidades e soluções estudadas | 70 |
| Tabela 19 - Número de vagens referentes ao ambiente a céu aberto | 71 |
| Tabela 20 - Densidade de fluxo radiante (q_1), ao longo dos DAS, em ambiente a céu aberto e sob as condições de atenuação de 75 e 150 μm no primeiro ciclo vegetativo | 77 |

1 INTRODUÇÃO

O amendoim é uma planta dicotiledônea, anual, herbácea, ramificada, de porte ereto ou rasteiro, pertencente à família *Fabaceae* (Leguminosae), à subfamília *Palpionoideae* e à espécie *Arachis hypogaea* L.

A técnica da fertirrigação começou com o uso de dejetos animais na água de irrigação. O Brasil passou a utilizar esta técnica nos anos 70, a qual foi expandida nos anos 90. A fertirrigação refere-se à aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Uma das vantagens desta técnica é que os nutrientes podem ser aplicados ao solo quando as condições da cultura ou do solo não são propícias à entrada de equipamentos convencionais no campo, e que o suprimento de nutrientes pode ser mais facilmente regulado e monitorado, podendo ser mais bem distribuído em função das necessidades nutricionais da cultura durante todo seu ciclo, resultando, portanto, em maior produtividade e melhor qualidade do produto colhido.

O desenvolvimento de técnicas para o monitoramento de solutos passa a ser fundamental tanto do ponto de vista de retorno econômico como também ao gerar um perfil de deslocamento de determinados íons, sob a influência de variáveis climáticas e também na presença da planta, no caso da referida pesquisa, o amendoim.

Dessa forma, esta pesquisa teve como finalidade verificar a influência de ambientes de cultivo e aplicações de cálcio e potássio sobre a cultura do amendoim, em dois ciclos, cultivado em um Argissolo Vermelho Amarelo, cuja aplicação realizada via fertirrigação.

Como principais objetivos têm-se os seguintes:

- a) Avaliar o deslocamento dos íons cálcio (Ca^{++}) e potássio (K^+) no solo, considerando duas épocas de cultivo do amendoim;
- b) Determinar qual o microclima ideal para obtenção de uma produtividade eficiente da cultura do amendoim;
- c) Determinar qual a melhor época para o cultivo do amendoim, influenciada pelas variáveis físicas dos ambientes em estudo.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Considerações gerais sobre a cultura do amendoim

O amendoim é uma planta originária da América do Sul, de uma região compreendida entre as latitudes de 10° e 30° sul, com provável centro de origem na região de Gran Chaco, incluindo os vales do Rio Paraná e Paraguai. A difusão do amendoim iniciou-se pelos indígenas para as diversas regiões da América Latina, América Central e México, sendo que no século XVIII foi introduzido na Europa. No século XIX, difundiu-se do Brasil para a África e do Peru para as Filipinas, China, Japão e Índia (AGROBYTE, 2008).

O Estado de São Paulo destaca-se como sendo o maior produtor do Brasil, com produção correspondente a 80% da produção nacional. O restante é produzido nos Estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Mato Grosso. Dentro do Estado de São Paulo, destacam-se como regiões produtoras Ribeirão Preto e Marília, sendo que em Ribeirão Preto o amendoim assume uma especial importância, em função de estar entre as culturas de ciclo curto que podem ser uma opção, juntamente com a soja, na ocupação das áreas de reforma dos canaviais, e por existirem empresas produtoras de sementes na região (CATI, 2006).

Estima-se que 80% das áreas de reforma dos canaviais sejam ocupadas pela cultura do amendoim. Apesar de seu valor nutritivo, as áreas plantadas com amendoim vêm diminuindo, perdendo terreno para a soja, pois a tecnologia agrícola e industrial desenvolvida para a soja colocou ao alcance do consumidor um óleo de boa qualidade, restando como subproduto de sua extração o farelo de soja, tão rico em proteína quanto o do amendoim, porém sem os riscos de utilização na alimentação animal porque não contém aflatoxina, substância tóxica ao homem e aos outros animais, sendo esta encontrada em grãos com umidade entre 9 e 35% (AGROBYTE, 2008).

O plantio de amendoim no Estado de São Paulo ocorre basicamente em dois períodos: amendoim das águas (a semeadura é realizada de setembro a outubro, sendo que a colheita ocorre nos meses chuvosos) e amendoim da seca (a semeadura é realizada de fevereiro a março, sendo que a colheita ocorre nos meses secos), segundo Agrobite (2008). Na região oeste do Estado, planta-se nos dois períodos (das águas e da seca); já na região centro-norte do Estado, planta-se apenas em um período (das águas).

Dentre as cultivares plantadas, destacam-se as cultivares IAC-Tatu-ST, amplamente disseminada entre os produtores de amendoim no Brasil, mas com sementes maiores, IAC-

Caiapó, por possuir resistência múltipla e moderada às principais doenças foliares e Runner IAC 886, por possuir alta produtividade, sendo porém suscetível às principais doenças foliares da cultura (MORAES, 2005).

As principais doenças da parte aérea do amendoim são a Pinta-preta (*Cercosporidium personatum*), a Verrugose (*Sphaceloma arachidis*), a Ferrugem (*Puccinia arachidis*), a Mancha barrenta (*Phoma arachidicola*) e a Mancha-castanha (*Cercospora arachidicola*). Na fase de pós-emergência são comuns os sintomas conhecidos por “tombamento” ou “damping-off”, como exemplo a Rhizoctoniose (*Rhizoctonia solani*) e a Murcha de Sclerotium (*Sclerotium rolfsii*) (MORAES, 2006). Como principais pragas, têm-se o Tripes dos folíolos (*Enneothrips flavens*), o Curuquerê dos capinzais (*Mocis latipes*), a Cigarrinha verde (*Empoasca* spp), a Lagarta-elasma (*Elasmopalpus lignosellus*), a Lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*) e a Lagarta do pescoço vermelho (*Stegasta bosquella*) (SUASSUNA et al., 2008).

Segundo o Instituto Agrônômico de Campinas (IAC, 2000), o amendoim IAC-Tatu-ST, quando comparado à cultivar Tatu, apresenta algumas diferenças significativas para o agricultor. Uma delas é que o uso contínuo e por longo prazo de sementes de tamanho reduzido e a falta de controle adequado da pureza genética podem ter causado uma degeneração varietal no Tatu comum. Testes comparativos entre dois lotes de sementes comuns de origens diferentes e o IAC-Tatu-ST revelaram que, enquanto na cultivar da semente melhorada no IAC a produtividade por hectare chegou a 2.685 kg, tomada como referência, com um índice de 100%, na do primeiro lote de Tatu comum, chegou a 2.583 kg, que significaram 96%. A queda foi ainda mais acentuada no segundo lote do Tatu comum, quando a produtividade por hectare atingiu 2.448 kg, correspondendo a 91%. Os índices foram confirmados por produtores que experimentaram as sementes melhoradas no IAC.

A importância econômica do amendoim está relacionada ao fato de as sementes possuírem sabor agradável e serem ricas em óleo (aproximadamente 50%) e proteína (22 a 30%). Além disso, contêm carboidratos, sais minerais e vitaminas, constituindo-se num alimento altamente energético (585 calorias/100 g de sementes). O sabor agradável torna o amendoim um produto destinado também ao consumo *in natura*, como em aperitivos, em salgados, torrado e preparado de várias formas e na indústria de doces, como grãos inteiros com diversas coberturas, grãos moídos na forma de paçocas ou substituindo a castanha de caju em cobertura de sorvetes. Além do consumo *in natura*, os grãos também podem ser utilizados para extração do óleo,

empregado diretamente na alimentação humana, na indústria de conservas (enlatado) e em produtos medicinais (AGROBYTE, 2008).

Atualmente, estuda-se o amendoim como sendo uma planta com potencial para o biodiesel, já que a semente possui um alto teor de óleo, maior até mesmo que a soja (GONÇALVES et al., 2004). A cultura do amendoim é a quarta oleaginosa mais cultivada no mundo, atrás apenas da soja, do algodão e da colza. O consumo de amendoim no Brasil é da ordem de 150 mil toneladas de grãos por ano, chegando a aumentar de 30 a 40% no período das festas juninas.

As últimas safras de amendoim no Estado de São Paulo têm apresentado aumento de produção e pouca variação em relação à área plantada, indicando incrementos na produtividade média alcançada, como consequência de uma nova dinâmica de produção, baseada principalmente na introdução de novas tecnologias, proporcionando, também, ganhos de qualidade e conquista do mercado externo, em especial o europeu. Entre alguns fatores, deve-se ressaltar que a colheita do amendoim deve ser planejada para ser realizada no ponto ótimo de maturidade (SUASSUNA et al., 2005). No entanto, observou-se que na safra 2006/07, quando comparada a 2005/06, houve uma redução de 23% na produção e de 12% na área plantada e, dessa forma, os incrementos em produtividade registrados em safras anteriores não foram mantidos (IEA, 2007).

O amendoim é cultivado com êxito desde as regiões equatoriais até as altas latitudes (entre 40°N e 40°S). Para tanto, é necessária uma estação quente e úmida, suficiente para permitir a vegetação da planta. A profundidade do sistema radicular permite à planta explorar a umidade do solo, normalmente não disponível a outras culturas anuais. Por outro lado, a cultura não é indicada para regiões de estação úmida muito prolongada, porque esta estimula o ataque de fungos e outras doenças, além de prejudicar a colheita e a qualidade do produto. Visando o seu desenvolvimento e produção, a planta necessita de alta luminosidade, encontrando melhores condições em regiões de temperaturas relativamente altas e bem ensolaradas (CÂMARA et al., 1983). Para ocorrer uma ótima germinação, a temperatura deve situar-se em torno de 32 a 34 °C. Temperaturas variando de 25 a 33 °C são ideais para o crescimento vegetativo, e a 18°C, passa a sofrer retardamento. Para florescimento e frutificação normais, a temperatura ótima varia de 21 a 33 °C. O período de maturação é retardado quando as temperaturas noturnas são inferiores a 10 °C.

Com relação à necessidade hídrica, o amendoim é considerado resistente à seca. Para um ciclo de 120 dias, a quantidade total de água situa-se entre 450 a 750 mm. Para Baldwin e Harrison (1996), a cultura exige de 508 a 635 mm de água durante todo o ciclo, para expressar produtividade máxima. No período de crescimento vegetativo, o amendoim é menos exigente em água, mas no florescimento e na frutificação a necessidade hídrica é máxima.

Rao et al. (1988), aplicando lâminas de água de 725 mm, 630 mm, 580 mm e 550 mm, obtiveram produtividades de amendoim em casca de 6615 kg ha⁻¹, 5480 kg ha⁻¹, 5040 kg ha⁻¹ e 3687 kg ha⁻¹, respectivamente, evidenciando que água tanto em excesso quanto em deficiência reflete negativamente na produção. Távora e Melo (1991) também verificaram que a deficiência hídrica determinou redução média na produção de vagens de amendoim da ordem de 62%, em relação ao tratamento sem deficiência hídrica.

Rao et al. (1985) compararam o amendoim sob estresse hídrico em diferentes fases de crescimento e demonstraram que a maior redução na produção ocorreu quando o estresse foi imposto durante a fase de enchimento das vagens. A melhor produtividade do amendoim é obtida em solos bem drenados, de textura arenosa e de razoável fertilidade, com pH ideal entre 6 e 6,5. Nestes solos, a penetração do ginóforo, estrutura que penetra no solo para a formação das vagens, é facilitada, são boas as condições de frutificação e o arrancamento das plantas na colheita se faz com o mínimo de perda de vagens. Em solos argilosos, também são obtidos rendimentos elevados, mas muitos frutos ficam no solo, e o aspecto das vagens é prejudicado, em função da coloração da terra que fica aderida às cascas.

Wright et al. (1991) analisaram as respostas fisiológicas do amendoim em relação ao período e à duração do estresse hídrico. Estes observaram que a deficiência de água no solo durante o florescimento até o início da fase de crescimento das vagens reduziu significativamente a produção de vagens (entre 17 e 25%) com relação ao controle, apresentando a maior diminuição quando houve um estresse severo durante a fase de enchimento das vagens.

A planta do amendoim é conhecida por apresentar mecanismos fisiológicos de tolerância ao déficit hídrico. Esta oleaginosa parece ter habilidade genética para aprofundar suas raízes e extrair água em maior profundidade, quando cresce em solos apropriados para seu cultivo, podendo desta forma adiar a dessecação durante a estação da seca. A produção, entretanto, provavelmente será reduzida, uma vez que a absorção de água de maior profundidade pode não ser suficiente para suprir toda a demanda evaporativa da cultura

(BOOTE et al., 1982).

Em clima seco, a irrigação aumenta consideravelmente a produtividade do amendoim. Já em climas úmidos, pode haver um aumento muito pequeno ou nenhum aumento de produtividade quando se aplica a irrigação (CÂMARA et al., 1983).

Em relação ao período de pós-colheita do amendoim, um fator de vital importância deve ser ressaltado, que diz respeito à umidade higroscópica ou atividade da água do grão e da casca do amendoim. Esta umidade é observada em função da temperatura do grão e da casca, a qual é determinada pelas isotermas de sorção de umidade.

As isotermas de sorção de umidade de materiais biológicos heterogêneos representam propriedades higroscópicas integradas de numerosos constituintes, os quais variam de amostra para amostra em um dado produto. As isotermas de sorção podem ser classificadas em duas categorias: adsorção e dessorção. No caso da dessorção, objeto deste trabalho, deve-se tentar hidratar ao máximo as amostras, com atenção especial para a deterioração das amostras, por estarem em condições de alta umidade e também porque a deterioração microbiológica altera as condições das determinações (TEIXEIRA NETO, 1997).

Santin (1996) afirma que o crescimento dos microrganismos depende da atividade de água, em razão da influência da pressão osmótica sobre as trocas através das membranas. Cada microrganismo possui um limite mínimo de atividade de água para realizar suas atividades metabólicas variando de 0,7 a 0,99. Pela correlação entre atividade de água e umidade, podem-se otimizar (maximizar) as condições de crescimento de microrganismos neste resíduo, visando ao seu enriquecimento protéico, além de obter a faixa de umidade ideal para o armazenamento do resíduo, que poderá ser utilizado como suplemento protéico na alimentação animal nos períodos de estiagem.

A ação dos agentes biológicos (fungos, bactérias e outros) pode ocorrer, praticamente, em todas as etapas da cadeia produtiva do amendoim, ou seja, na produção, no beneficiamento, no armazenamento, no transporte, na comercialização e na industrialização/processamento, sendo menos frequente nesta última, por causas das medidas de controle destes agentes. Entretanto, esta iniciativa pode não surtir efeito, em decorrência da vulnerabilidade das etapas anteriores, consideradas críticas, nas quais praticamente inexiste a aplicação de medidas efetivas de controle que assegurem limites toleráveis de contaminação da matéria-prima destinada ao processamento,

e também do amendoim que chega ao consumidor final *in natura* via mercado informal (venda “a granel” em feiras, torrado nas praias, carrocinhas etc.) (SUASSUNA et al., 2005).

2.2 Elementos climáticos

Os elementos climáticos determinados em ambientes protegidos como também em ambientes a céu aberto têm um papel fundamental no desenvolvimento das plantas, durante todo o ciclo das culturas, desde o plantio até a colheita. Essa influência também ocorre de forma significativa na movimentação e na distribuição dos nutrientes absorvidos pelas plantas e pelos tipos de solos onde estas são cultivadas. Como exemplo, no caso do amendoim, a densidade de fluxo radiante incidente no solo pode contribuir para uma boa formação das vagens desta cultura.

No que diz respeito à questão da radiação solar, atualmente existe no mercado uma grande quantidade de empresas fabricantes de filmes plásticos, com seus diferentes modelos em termos de aditivação, espessura, tamanho, etc. São diversos os aditivos utilizados na fabricação dos filmes plásticos, existindo os que protegem o material contra a ação dos raios ultravioleta e, também, os filmes com aditivos controladores da luz e da radiação, que influenciam o processo de fotossíntese e permitem a adequação das temperaturas (FACTOR et al., 2000).

As condições ambientais para a produção de amendoim, em São Paulo, são tipicamente tropicais, recomendando-se seu cultivo na época de verão (GODOY et al., 2003). Nessa época, ao meio-dia, a intensa radiação solar, associada ou não à alta temperatura e ao deficit de pressão, de vapor poderia provocar fotoinibição dinâmica ou, eventualmente, crônica da fotossíntese. Entretanto, Oliveira (1998), estudando os componentes do balanço de radiação solar sobre uma cultura de amendoim irrigado em Rodelas, BA, verificou que a ocorrência de irrigação produz uma imediata redução no fluxo de radiação refletida e, simultaneamente, um aumento no saldo de radiação solar na superfície.

O saldo de radiação sobre um dossel vegetal representa a quantidade de energia na forma de ondas eletromagnéticas de que este dispõe para repartir entre os fluxos de energia necessários aos processos de evapotranspiração, aquecimento do ar, aquecimento do solo e fotossíntese (TUBELIS, 1980).

Quando se cultiva em casa-de-vegetação ou estufa, deve-se estar atento às diferenças no ambiente comparadas com o cultivo a céu aberto, no que diz respeito à temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar e, conseqüentemente, à evapotranspiração. Segundo Farias et al. (1993), a cobertura plástica da estufa altera o balanço de radiação e o balanço energético, com relação ao exterior e, conseqüentemente, a evapotranspiração. O consumo de água no interior da casa-de-vegetação é possivelmente menor, principalmente pela atenuação que ocorre na irradiância incidente e pela menor taxa de renovação do ar nas plantas (ROBLEDO; MARTIN, 1981; BURIOL et al., 1995).

Scatolini (1996) relata haver um maior efeito da cobertura plástica sobre as temperaturas máximas do ar, com variações de 1,2 a 4,4 °C acima das observadas externamente. Este autor cita vários trabalhos em que a temperatura média do ar é maior no interior da estufa, quando comparada ao ambiente externo. Com relação às temperaturas mínimas do ar, estas tenderam a ser iguais ou ligeiramente superiores dentro da estufa, comparadas às observadas externamente, sendo afetadas pelo manejo da ventilação das estufas durante o dia, por meio da abertura e do fechamento de cortinas laterais.

A umidade relativa é muito variável e mantém relação exponencial com a temperatura do ar. Para um mesmo conteúdo de vapor de água, a umidade relativa do ar é inversamente proporcional à temperatura. Dessa forma, durante o período diurno, com o aumento da temperatura, a umidade relativa diminui no interior da casa-de-vegetação, tornando-se inferior à verificada externamente e, durante a noite, esta aumenta muito, chegando a valores próximos de 100% logo antes do nascer do sol, por causa da queda acentuada da temperatura do ar e da retenção do vapor d'água pela cobertura plástica (TANAKA; GENTA, 1982).

Em relação à precipitação pluvial, a ocorrência de chuvas acima do normal não é prejudicial, desde que estas sejam bem distribuídas e não ocorram no período de colheita. O excesso de chuvas no período de colheita gera condições favoráveis para o desenvolvimento do fungo *Aspergillus flavus*, que produz a aflatoxina. A possibilidade de excesso de umidade e temperatura provoca a contaminação do amendoim por micotoxinas, que é decorrente de falhas no controle destas variáveis em todas as fases e etapas da cadeia produtiva, propiciando também condições favoráveis para o desenvolvimento dos fungos toxigênicos (principalmente *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*). O controle é dificultado pelas condições climáticas e pela própria natureza do amendoim, tornando esta cultura altamente suscetível à contaminação e crescimento de bolores

produtores de aflatoxinas, sendo as mesmas consideradas muito importantes na segurança do alimento humano e animal (EMBRAPA, 2005). Estas substâncias são consideradas cancerígenas e têm provocado intoxicações que levam à morte animais alimentados com torta de amendoim contaminada. Também pode provocar intoxicação no homem quando estão presentes nos grãos e estes são consumidos torrados, ou em forma de doces. É importante que no processo de extração de óleo, a contaminação pelas aflatoxinas seja eliminada deste produto (AGROBYTE, 2008).

2.3 Exigências nutricionais

O amendoim é exigente em cálcio e fósforo, ambos imprescindíveis para a produção de flores e desenvolvimento das vagens e sementes, enquanto a disponibilidade de nitrogênio e potássio favorece o bom desenvolvimento vegetativo e, conseqüentemente, auxilia na elevação da produtividade. Os elementos absorvidos em maiores quantidades pela cultura, em ordem decrescente, são: nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo e enxofre (GASCHO; DAVIS, 1995).

O cálcio se caracteriza principalmente pela baixa mobilidade no solo, o que é relatado por Araújo (2003), estudando o fornecimento de extratos de milho e braquiária, em colunas com Latossolo Vermelho distroférico argiloso, com estrutura deformada, em que não foi verificado efeito sobre a movimentação de cálcio aplicado na superfície, o que foi também observado por Amaral et al. (2004), trabalhando com um Cambissolo Húmico Alumínico Léptico. Por causa da baixa solubilidade e mobilidade dos produtos da dissolução de calcário, essa prática tem sido limitante à implantação desse sistema de produção em solos com subsolos ácidos (MORAES, 2007).

O cálcio é exigido em grandes quantidades na época da frutificação, quando é absorvido pelas raízes, pelo ginóforo e pela casca. A falta deste nutriente diminui o índice de fertilidade das flores, provoca o chochamento de vagens (vagens sem grãos), cascas frágeis, sementes ocas e interfere no tamanho do sistema radicular da planta, pois solos com baixo teor de cálcio apresentam quantidades consideráveis de alumínio, o qual é extremamente tóxico à planta. Com o sistema radicular reduzido, o amendoim torna-se mais suscetível à falta de água, podendo sofrer perdas consideráveis em relação à produtividade. O fornecimento de cálcio é feito pela calagem, visando elevar a saturação de bases para 60% e, conseqüentemente, diminuir a acidez

do solo.

As respostas do amendoim às aplicações de cálcio têm se apresentado mais consistentes do que aquelas obtidas com qualquer outro nutriente. Aparentemente, uma das funções primárias do cálcio na nutrição é melhorar a qualidade das vagens, ou, mais eficientemente, auxiliar no maior desenvolvimento das sementes. (CAIRES, 1990).

Considerando o papel do cálcio na parede celular, é possível que a nutrição cálcica do amendoim tenha influência na resistência do ginóforo e na perda de água pela planta, influenciando na secagem e na porcentagem de perdas na colheita (FERNANDES e ROSOLEM, 1999).

Por ser uma planta exigente em cálcio, a aplicação de calcário, muitas vezes, não é suficiente para suprir a demanda de cálcio do amendoim, sendo necessária para isto a realização da gessagem, que nada mais é do que a aplicação de sulfato de cálcio. O gesso é aplicado como fonte alternativa de cálcio durante a frutificação, por ser absorvido diretamente pelo ginóforo e por ser muito solúvel (cerca de 150 vezes mais solúvel que o calcário); além disso, o gesso fornece também enxofre para a planta. O gesso é aplicado em filetes contínuos na entrelinha no início da frutificação.

Blamey e Chapman (1982) observaram que a aplicação de calcário, como fornecedor de cálcio, aumenta a produção em solo com baixo pH (4,5), porque reduz o alumínio trocável, diminuindo sua toxicidade e melhorando a nutrição nitrogenada, ao passo que o gesso não afeta esses parâmetros. Entretanto, Quaggio et al. (1982) consideram que a aplicação tanto de gesso como de calcário, utilizada corretivamente, aumenta a produção em solo com pH 5,0, já que ambos aumentam a concentração de cálcio na zona de frutificação.

O potássio é o segundo elemento mais absorvido pela planta. Este nutriente tem a função de ativador enzimático e, uma vez absorvido, pode ser transferido das partes mais velhas para as partes mais novas, sendo considerado móvel na planta, ao contrário do cálcio, que na maioria das vezes apresenta baixa mobilidade. O potássio é exigido em grandes quantidades na época de florescimento e penetração do ginóforo, sendo que sua deficiência pode provocar formação de vagens com apenas uma semente. Além disso, melhora a resistência da planta à seca ou a períodos de veranico, podendo estar envolvido na resistência a doenças fúngicas (CÂMARA et al., 1983).

O potássio, segundo Malavolta (1980), é um macronutriente que tem caminamento no solo, predominantemente pelo processo de difusão. Entretanto, grande parcela desse nutriente pode movimentar-se no solo por fluxo de massa. No Brasil, a aplicação de potássio às culturas é feita quase que totalmente no plantio e/ou cobertura, em aplicação direta ao solo ou via fertirrigação. Algumas vezes, a aplicação é complementada com adubações foliares (ZANINI, 1991).

Malavolta (1980) também verificou que a distribuição de potássio no solo correlacionou-se com a distribuição de água no solo, indicando que se pode ter elevado controle da localização desse íon no solo em função da fertirrigação e da irrigação.

O potássio exerce importantes funções reguladoras, participando na ativação de enzimas e no processo fotossintético em vários níveis (GIANELLO et al., 1995). Por ser um nutriente móvel, pode ser facilmente perdido ao longo do perfil do solo, sendo necessárias aplicações frequentes desse elemento.

Os mecanismos que controlam o transporte de potássio são baseados em sua rápida troca com outros cátions no solo. Quando a quantidade de potássio no solo é relativamente pequena com relação à capacidade de troca de cátions, a adsorção é controlada principalmente pelas variações da concentração de potássio na solução do solo. Quando a concentração de potássio na solução do solo aumenta, a capacidade tampão do potássio decresce e a velocidade de transporte do potássio se incrementa. No período de máxima taxa de absorção de potássio pela planta, com alta demanda de potássio, este elemento deve ser suprido pela água de irrigação até que a concentração no solo seja suficiente (BAR-YOSEF, 1999). Por outro lado, a fertilização com potássio, quando efetuada via água de irrigação, geralmente não causa qualquer reação química adversa nas tubulações e emissores, mas pode causar precipitação de sais insolúveis se outros fertilizantes estiverem misturados. Por exemplo, se o nitrato de cálcio é misturado com sulfato de potássio, pode resultar em um sulfato de cálcio insolúvel (ROLSTON et al., 1986)

Outros macronutrientes são essenciais para o desenvolvimento da cultura. O nitrogênio (N), fundamental para a produção de aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucléicos, enzimas, coenzimas, sendo exigido em grandes quantidades pelos frutos. O nitrogênio vem da associação simbiótica com a bactéria *Rhizobium*, a qual transforma o nitrogênio do ar (N₂) em amônia (NH₃), sendo esta posteriormente incorporada na planta sob a forma de proteína. Na planta, o nitrogênio é inicialmente reduzido à forma amoniacal e combinado nas cadeias

orgânicas, formando ácido glutâmico, este por sua vez incluído em mais de uma centena de diferentes aminoácidos. Desses, cerca de 20 são usados na formação de proteínas. Essas proteínas participam como coenzimas, nos processos metabólicos das plantas, tendo assim uma ação mais funcional do que estrutural, além da participação na composição da clorofila (RAIJ, 1991).

O fósforo (P) é utilizado como fonte de energia sob a forma de ATP. Sua deficiência causa o aparecimento de folhas basais arroxeadas. O enxofre (S) é importante na formação de aminoácidos, além de ativar e prolongar o florescimento, e sua carência interfere na nodulação com a bactéria fixadora de nitrogênio. O magnésio (Mg) é essencial para o processo fotossintético da planta, pois faz parte da molécula de clorofila e sua falta interfere no movimento de fósforo da parte vegetativa para as sementes.

Quanto aos micronutrientes, tem-se o molibdênio (Mo), que é indispensável para o crescimento das plantas, e está intimamente relacionado com o metabolismo do nitrogênio, fazendo parte de duas enzimas, a nitrogenase e a redutase do nitrato. O ferro (Fe) é importante na fotossíntese, na respiração e na fixação biológica do nitrogênio. O cobre (Cu) está ligado ao funcionamento do mecanismo de resistência às doenças originárias de fungos, interfere na permeabilidade do xilema e sua deficiência torna o pólen estéril. O boro (B) está presente nos hormônios vegetais, influenciando a reprodução, germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico. O cloro é o micronutriente de maior exigência para os vegetais. As plantas de maneira geral toleram altas concentrações de cloro em seus tecidos, o qual é absorvido sob a forma de cloreto (Cl^-), tendo como principais sintomas de carência murchamento, clorose, bronzeamento, deformação da folha, que toma aspecto de taça (“cupping”), e menor desenvolvimento do sistema radicular (MALAVOLTA, 1980). A função do cloro está ligada com a fotólise da água, considerando que o Cl^- estimula o transporte de elétrons, o que leva à redução de oxidantes deletérios produzidos fotoquimicamente (MALAVOLTA, 1980). Este micronutriente dificilmente está em baixo teor no solo, não apresentando problemas de deficiência. O manganês (Mn) é essencial para o funcionamento de várias enzimas envolvidas na fotossíntese, além de atuar com oxirredutor da molécula de água e manter a integridade funcional da membrana dos cloroplastos. O zinco (Zn) é também ativador enzimático da respiração, estando presente na síntese do citocromo, na formação do amido e na estabilização dos ribossomos, além de participar da síntese do ácido indol acético (AIA), que é um hormônio regulador do crescimento das plantas. Tem-se também o cobalto (Co), que não é considerado um

micronutriente, mas é indispensável no processo simbiótico de fixação de nitrogênio, estando presente na vitamina B₁₂.

2.4 Transporte de solutos

O transporte de solutos através de camadas superficiais do solo por percolação da água é um fenômeno de considerável interesse na agricultura, hidrologia e em aplicações ambientais. O fluxo de água no solo pode ser descrito pela lei de Darcy, porém essa descrição não é suficiente para a consideração do movimento de solutos no solo, porque uma série de outros fatores que deve ser levada em consideração. A aproximação tradicional do movimento de água e soluto consiste em considerar o solo como uma unidade homogênea e, a partir daí, aplicar em situações de campo os resultados obtidos e validados em colunas de laboratório (NIELSEN; BIGGAR, 1963).

Em termos de fertirrigação, segundo Clothier (1984), a compreensão do transporte simultâneo de água e solutos, em duas ou três dimensões, a partir de uma fonte pontual, permite desenvolver estratégias eficientes, sendo importante no dimensionamento, operação e manejo da fertirrigação. De acordo com Zanini (1991), o conhecimento da conformação dos bulbos para as diferentes condições de campo é muito importante para projetos de irrigação e para a prática da fertirrigação. De maneira geral, os locais de maiores concentrações de K⁺ coincidem com os locais de maior valor de umidade do solo, evidenciando seu caminhar por fluxo de massa. De acordo com Mmolawa e Or (2000), os produtos químicos aplicados por meio da água de irrigação sofrem mudanças espaciais e temporais no solo, variando sua distribuição no perfil e resultando em diferentes padrões de distribuição.

A elevação da concentração de Ca⁺⁺ no ambiente radicular tem sido apontada como uma alternativa para diminuir os efeitos negativos da salinidade sobre o crescimento das plantas (LACERDA, 1995). Este íon, além de reduzir a absorção de íons potencialmente tóxicos, como o Na⁺, favorece a absorção de íons essenciais, como o K⁺ e o próprio Ca⁺⁺. Admite-se também que o Ca⁺⁺ promove o acúmulo de solutos orgânicos, como a prolina e a glicinabetaína (GIRIJA et al., 2002), os quais possibilitariam o estabelecimento de um equilíbrio osmótico no citoplasma mais compatível com o metabolismo celular, favorecendo o crescimento das plântulas de amendoim sob condições de estresse salino.

Segundo Nielsen e Biggar (1961), os estudos da dinâmica dos solutos não proporcionam somente um meio de determinação do fluxo no solo, mas devem dar uma explicação física do fenômeno que ocorre na percolação, na troca e na adsorção de íons, para o movimento de fertilizantes minerais e outros sais.

A aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas é importante na compreensão do deslocamento de determinados íons no solo, proporcionando tanto um manejo adequado quanto um auxílio na previsão de riscos de contaminação de águas subterrâneas e também em aspectos econômicos, pois é possível avaliar a ocorrência de sua lixiviação para camadas subsuperficiais (MIRANDA; DUARTE, 2002).

O movimento de um soluto miscível e conservativo, quando observado à escala microscópica, pode ser separado em dois componentes: um devido à velocidade do fluido transportador e outro devido a diferenças de concentração entre pontos vizinhos. O primeiro designa-se por convecção (ou advecção) e o segundo difusão molecular (RODRIGUES, 1994).

De outro ponto de vista, o transporte de solutos resume-se em dois processos básicos, a advecção e a dispersão hidrodinâmica. A advecção é o processo pelo qual a água subterrânea carrega os solutos dissolvidos e a quantidade de soluto transportada depende de sua concentração na água subterrânea, do volume de água fluindo e da velocidade da água subterrânea. O mecanismo de dispersão hidrodinâmica engloba o mecanismo de dispersão mecânica e o transporte por difusão. À medida que o soluto se movimenta no meio poroso, o processo de dispersão age diluindo o soluto e reduzindo sua concentração. A difusão é o processo pelo qual as espécies moleculares e iônicas dissolvidas na água se movem em função de um gradiente de concentração, indo das áreas de maior para menor concentração, mesmo na ausência de fluxo de água subterrânea. O transporte difusivo através de um meio não saturado é mais complexo do que através de meios saturados. Neste caso, os parâmetros de transporte podem variar no espaço e no tempo. Portanto, a determinação destes parâmetros no laboratório deve ser feita nas condições mais próximas possíveis das condições “in situ” (CARVALHO, 2001).

2.5 Material e métodos

2.5.1 Localização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido junto ao Posto Agrometeorológico do

Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) em Piracicaba-SP, a 546 metros de altitude, 22°42’30”S de latitude e 47°38’00” W de longitude. A região apresenta um clima do tipo Cwa, conforme a classificação de Köppen (1931).

2.5.2 Instalação e condução do experimento

O ciclo vegetativo da cultura do amendoim geralmente varia de 100 a 120 dias após semeadura (DAS). O experimento compreendeu dois ciclos vegetativos: o primeiro foi realizado durante 122 dias, sendo iniciado no dia 21 de outubro de 2007, correspondendo à data da semeadura, e a colheita realizada do dia 15 a 19 de fevereiro de 2008; o segundo foi realizado durante 109 dias, sendo iniciado no dia 7 de maio de 2008 e finalizado com a colheita no período de 20 a 23 de agosto de 2008. Esta diferença na duração dos ciclos é aceitável, pois informações relativas ao desenvolvimento vegetativo, que serão vistas posteriormente, foram obtidas até os 100 dias após semeadura, correspondendo tanto ao período normal do ciclo da cultura como também ao ciclo padrão das variedades desenvolvidas pelo IAC. Nos dois ciclos, utilizou-se a mesma variedade, denominada IAC-Tatu-ST.

Foram utilizadas no experimento 12 caixas d’água (Eternit), denominadas lisímetros, as quais foram preenchidas com Argissolo Vermelho Amarelo abruptico, horizonte “A” moderado e espesso (EMBRAPA, 1999), textura arenosa, unidade Serrinha (Arenic Abruptic Paleudult), oriundo de várzea situada no Distrito do Paredão Vermelho, Artemis-SP, e coletado nas camadas 0-20 e 20-40 cm. Os lisímetros apresentavam dimensões de 1,6 m de comprimento por 1,15 m de largura, com altura de 0,7 m. Em cada lisímetro, foram semeadas três fileiras de plantas. Em cada fileira de plantas, foram colocadas aproximadamente vinte sementes de amendoim, duas por cova.

Foram instaladas sobre os lisímetros coberturas plásticas de diferentes espessuras, representando três ambientes: um a céu aberto e dois utilizando filmes plásticos de 75 e 150 micrometros (μm) de espessura (Figura 1), considerando que cada ambiente foi constituído por quatro lisímetros. O espaçamento utilizado entre os ambientes foi de 3,5 m, correspondente à distância entre os lisímetros. Dentro de cada ambiente, essa distância foi de 0,7 m.

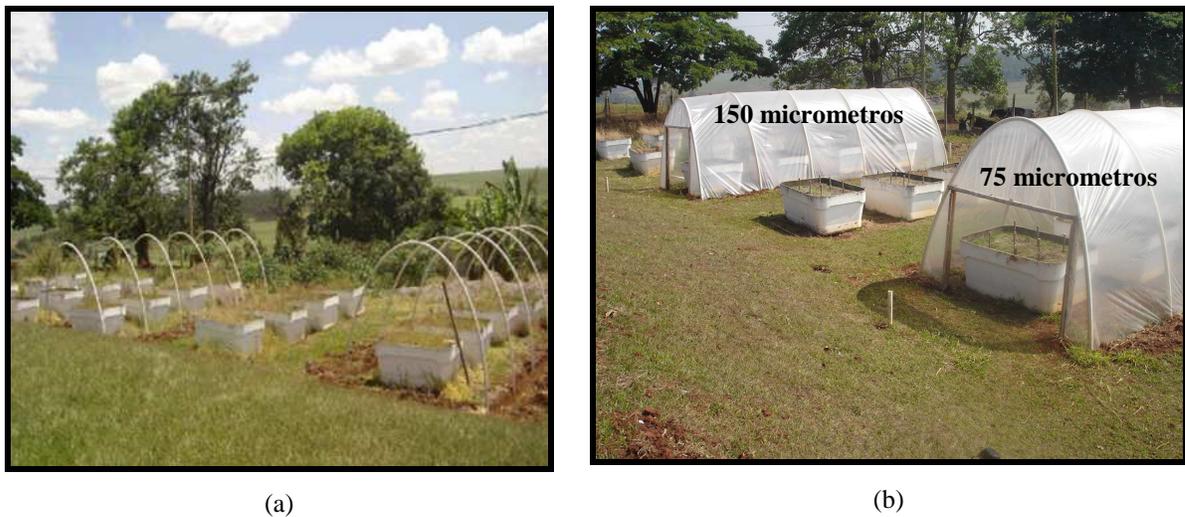


Figura 1 - Disposição dos lisímetros antes (a) e após a instalação dos filmes plásticos (b)

2.5.3 Delineamento experimental

O experimento foi delineado em faixas, com medidas repetidas no tempo. As repetições foram representadas por 11 aplicações ao longo de cada ciclo vegetativo, sendo que estas amostragens repetidas ao longo do tempo corresponderam a seis extratores instalados em cada lisímetro, diferenciados por três repetições de linhas de plantas caracterizadas pelas profundidades do sistema radicular de 0,15 e 0,25 m (Figura 2). A análise estatística foi realizada separadamente, a saber: 1) ambientes protegidos diferenciados pela espessura do filme plástico; e 2) ambiente sem cobertura plástica, (a céu aberto). Os dados experimentais foram analisados pelo software estatístico SAS 9.1 (SAS INSTITUTE, 2004).

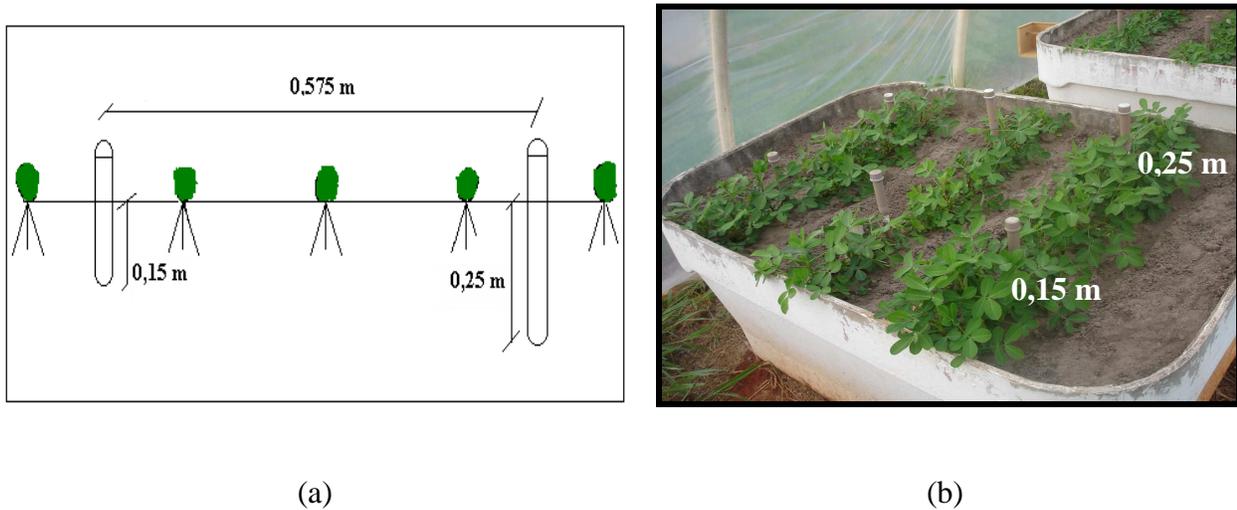


Figura 2 - Esquema ilustrativo da posição (a) e disposição dos extratores de solução na fileira de plantas (b)

Pela Análise de Variância (ANAVA), foram identificadas interações entre as fontes de variação. Nesta análise, de acordo com o principal foco do trabalho, teve-se como variável resposta o deslocamento de solutos, cálcio e potássio, como também a variação do potencial hidrogeniônico.

2.5.3.1 Ambientes protegidos

Para a análise estatística dos ambientes com cobertura plástica (Figura 3), foram considerados quatro fatores de avaliação: 1) dois ambientes diferenciados pela espessura do filme plástico (75 e 150 micrometros); 2) dois ciclos vegetativos diferenciados pelas épocas de cultivo (das águas e da seca); 3) duas profundidades do sistema radicular, representadas pelos extratores a 0,15 e 0,25 m); e 4) quatro soluções de 25, 50, 75 e 100% do valor exigido de cálcio e potássio pela cultura.

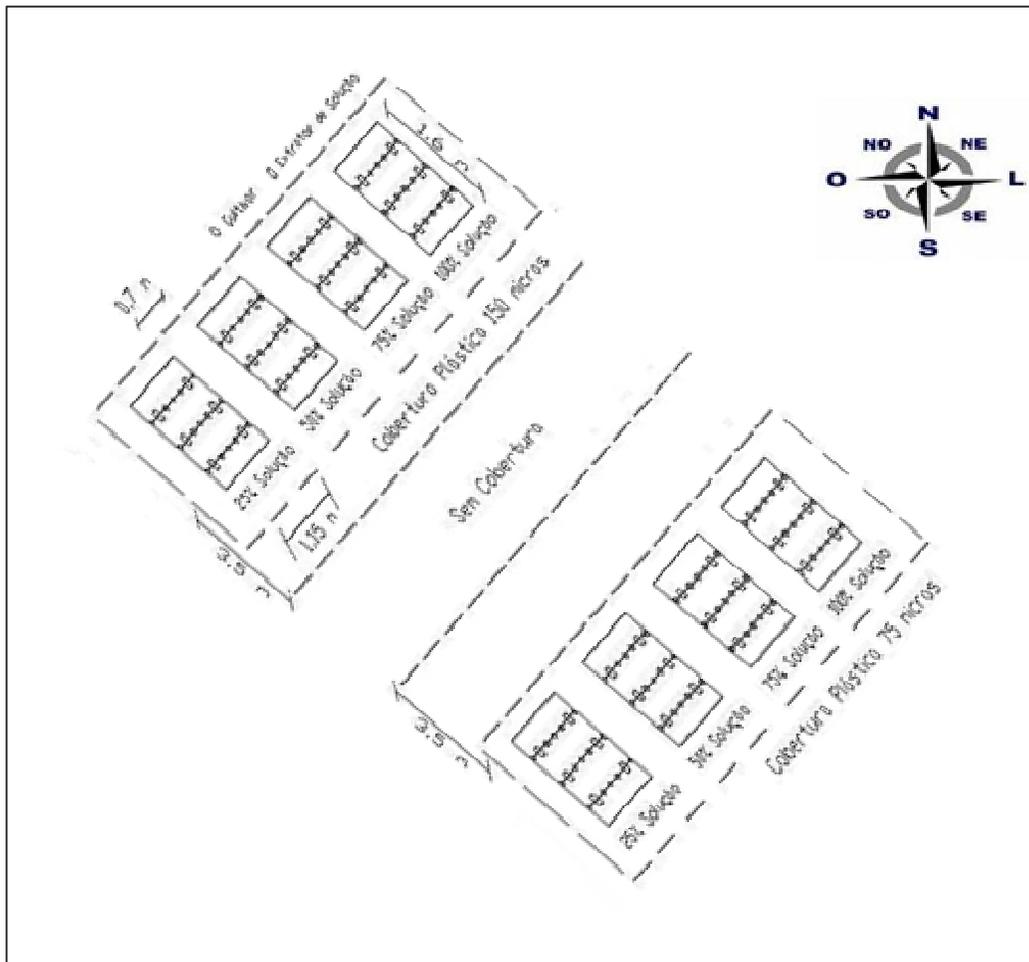


Figura 3 – Representação esquemática da distribuição dos ambientes protegidos

2.5.3.2 Ambiente a céu aberto

Na análise estatística do ambiente sem cobertura plástica (Figura 4), foram avaliados três fatores: 1) os dois ciclos vegetativos (das águas e da seca); 2) duas profundidades do sistema radicular, representadas pelos extratores a 0,15 e 0,25 m); e 3) quatro soluções de 25, 50, 75 e 100% do valor exigido de cálcio e potássio pela cultura.

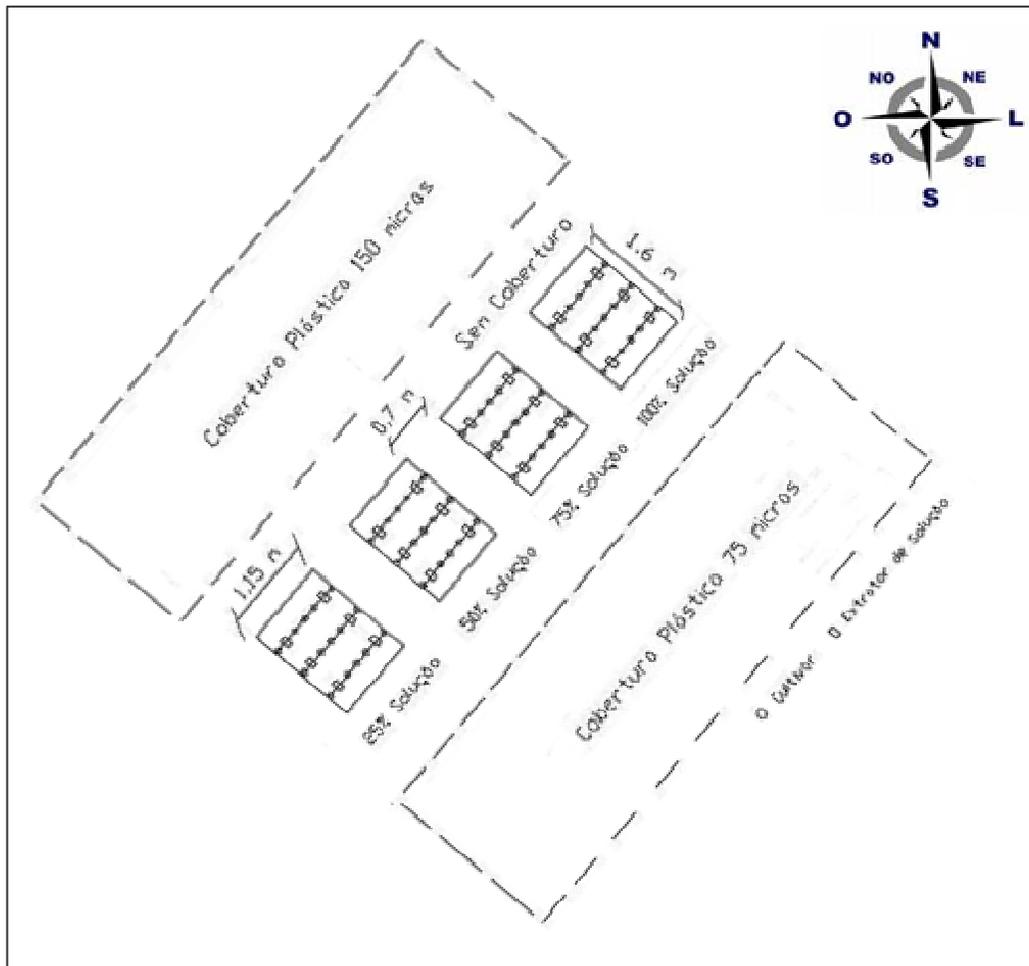


Figura 4 - Representação esquemática da distribuição do ambiente a céu aberto

2.5.4 Manejo da irrigação (aplicação das soluções de cálcio e potássio)

2.5.4.1 Curva característica de retenção de água no solo

Para a elaboração da curva de retenção de água no solo foram coletadas amostras indeformadas em anéis com as dimensões de 0,0488 m de diâmetro e 0,03 m de altura, nas camadas de 0,00-0,15 m, 0,15-0,30 m e 0,30-0,45 m, dos lisímetros. Inicialmente, as amostras de solo foram dispostas em mesas de tensão, sob os valores dos seguintes potenciais mátricos: 0,1; 0,2; 0,6; e 1,0 m.c.a.. Na sequência, as amostras foram colocadas na câmara de Richards, nos respectivos valores de potenciais: 3; 5; 10; 50 e 150 m.c.a.

Foi feito o ajuste da curva de retenção pelo modelo de van Genuchten (1980), expresso

pela equação 1:

$$\theta(\psi_m) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (\alpha|\psi_m|)^n]^m} \quad (1)$$

em que:

θ - umidade determinada em função da tensão aplicada, $m^3 m^{-3}$;

θ_r - umidade residual, $m^3 m^{-3}$;

θ_s - umidade no ponto de saturação, $m^3 m^{-3}$;

α , n e m - parâmetros de ajuste, adimensionais; e

ψ_m - tensão da água no solo, m.c.a..

Os valores dos parâmetros de ajuste do modelo, para as amostras coletadas, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros do modelo de van Genuchten (1980) para o ajuste da curva de retenção de água no solo

| | $\theta_r (m^3 m^{-3})$ | $\theta_s (m^3 m^{-3})$ | $\alpha (m^{-1})$ | n | m |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------|---------|--------|
| 0,00-0,15 m | 0,0805 | 0,4706 | 6,1895 | 17,0081 | 0,0554 |
| 0,15-0,30 m | 0,0778 | 0,4338 | 8,0562 | 3,1729 | 0,2369 |
| 0,30-0,45 m | 0,0690 | 0,4141 | 10,8516 | 2,7059 | 0,2031 |

A obtenção da curva de retenção de água no solo está diretamente relacionada com a determinação do potencial mátrico, o qual permite conhecer uma faixa ideal de umidade, do ponto de murcha permanente à capacidade de campo, dando condições para um pleno desenvolvimento das plantas, em função de um controle correto da irrigação. A seguir, são apresentadas as curvas para as camadas de 0,00-0,15 m, 0,15-0,30 m e 0,30-0,45 m (Figura 5).

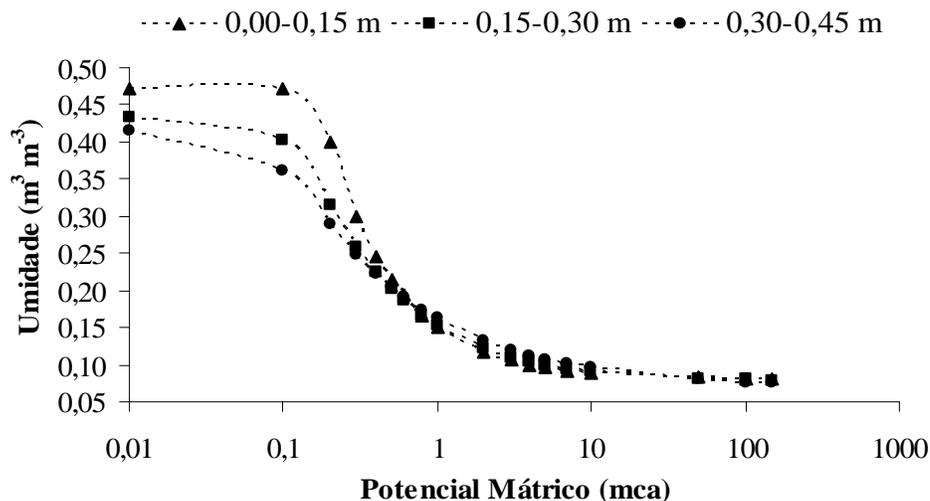


Figura 5 - Curva característica de retenção de água no solo para as camadas de 0,00-0,15 m, 0,15-0,30 m e 0,30-0,45 m

2.5.4.2 Fertirrigação

O início da fertirrigação, ou seja, a primeira aplicação contendo os íons cálcio e potássio, depende do estabelecimento da cultura no solo, visto que a planta deve estar bem adaptada às condições físicas onde foi instalada. Portanto, para cada ciclo, a primeira aplicação foi realizada em períodos diferentes após a semeadura. No primeiro ciclo vegetativo, a primeira aplicação foi realizada aos 31 DAS; já no segundo ciclo, esta foi realizada aos 26 DAS. As soluções dos íons cálcio (Ca^{++}) e potássio (K^+) foram preparadas em laboratório, verificando-se que foi necessária para cada irrigação a aplicação de $561,53 \text{ mg L}^{-1}$ de potássio/lisímetro e $2030,76 \text{ mg L}^{-1}$ de cálcio/lisímetro. Para a fertirrigação, foram aplicados os reagentes cloreto de potássio e fosfato de cálcio básico anidro.

O procedimento para a obtenção dessas quantidades ocorreu da seguinte forma: determinou-se o quanto de cálcio (26400 mg L^{-1}) e potássio (7300 mg L^{-1}) a cultura do amendoim necessita em todo o ciclo para cada lisímetro, considerando a área do lisímetro, o peso atômico dos elementos contidos nos reagentes e as recomendações de adubação em função da análise química (Tabela 2). O número de fertirrigações ou aplicações durante os ciclos foi determinado em função do período total das aplicações e de um turno de rega pré-estabelecido (eq. 2), o qual foi obtido de acordo com parâmetros físico-hídricos como umidade de capacidade de campo, umidade crítica da

cultura, profundidade do sistema radicular, fração de esgotamento de água no solo de acordo com o grupo da cultura (DOORENBOS; KASSAM, 1994) e evapotranspiração da cultura referente às variedades IAC-Tatu, avaliadas tanto em ambientes protegidos como em céu aberto. Portanto, sabendo-se quanto a cultura requer por cada lisímetro e o número de fertirrigações em todo o ciclo, determinaram-se as quantidades de cálcio e potássio para cada irrigação. Deve-se salientar que, nos dois ciclos, foram realizadas 11 fertirrigações para a obtenção dos níveis de cálcio e potássio.

$$TR = \frac{(\theta_{cc} - \theta_c).z.p}{ET} \quad (2)$$

em que:

TR = turno de rega, dias;

θ_{cc} = umidade volumétrica na capacidade de campo, $m^3 m^{-3}$;

θ_c = umidade crítica da cultura, $m^3 m^{-3}$;

z = profundidade do sistema radicular, m;

p = fração de esgotamento de água no solo, adimensional; e

ET = evapotranspiração da cultura, $mm \text{ dia}^{-1}$.

A condição do momento da irrigação, no caso do ambiente a céu aberto, foi atribuída às precipitações ocorridas nos ciclos, uma vez que, excedida a lâmina de irrigação necessária, esta irrigação não era realizada, o que será demonstrado mais adiante.

Em cada fertirrigação aplicaram-se as seguintes proporções em relação à necessidade da cultura: 25%, 50%, 75% e 100%. Para o cloreto de potássio e para o fosfato de cálcio básico anidro, foi calculada uma massa total por aplicação e por lisímetro.

O volume de água aplicado em cada irrigação foi calculado em função da área da fileira de plantas e da capacidade real de água, como segue nas equações 3a, 3b e 3c.

$$DTA = \theta_{cc} - \theta_c \quad (3a)$$

$$CTA = DTA.z \quad (3b)$$

$$CRA = CTA.f \quad (3c)$$

em que:

DTA = disponibilidade total de água, $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$;

CTA = capacidade total de água no solo, mm; e

CRA = capacidade real de água no solo, mm.

Exemplificando, nos camalhões com largura de 0,2 m e comprimento de 1,15 m, tem-se a área de $0,23 \text{ m}^2$. O valor calculado da capacidade real de água foi de 37,752 mm. Obtém-se, portanto, um total de 8,6829 mm/fileira de plantas. Porém, foram considerados 8 mm por fileira, pois o excedente 0,6829 mm foi compensado pela profundidade de 0,30 m, ou seja, 0,05 m além de 0,25 m, que representa o limite máximo de instalação dos extratores e da zona radicular da cultura do amendoim, resultando 24 mm/lisímetro/aplicação. Na Figura 6, pode-se observar a fileira de plantas e a disposição do sistema de irrigação.



Figura 6 - Disposição do sistema de irrigação

Montou-se um sistema por gravidade para a fertirrigação. Neste sistema, existiam como componentes um reservatório com um volume total de 10 litros, um registro de esfera, uma tubulação e cinco saídas para microtubos, onde no final da tubulação ou linha lateral havia uma conexão que fechava o sistema. À medida que era encerrada a fertirrigação dos 8 mm para cada fileira, deslocava-se manualmente a tubulação para a fileira seguinte, e assim, por diante. O diâmetro da tubulação era de 0,0145 m e o dos microtubos de 0,0025 m, sendo que o

comprimento da tubulação era de 1,4 m, proporcionando, portanto, condições normais para operação do sistema, o que foi verificado por um teste de vazão antes de iniciar o experimento, determinando-se uma vazão de operação de 3,38 L min⁻¹.

2.5.5 Análise do solo

Foram realizadas amostragens do solo para uma análise química inicial (Tabela 2), anterior ao plantio (agosto de 2007), e outras duas análises ocorridas no final de cada ciclo (fevereiro e agosto de 2008), após a colheita em cada um (Tabelas 3 e 4). Foram analisadas amostras do ambiente a céu aberto e dos ambientes com filme plástico de 75 e 150 micrometros de espessura. Deve-se ressaltar que foram calculados valores médios das amostras, considerando os três ambientes. Os resultados da análise química inicial contribuíram para a realização dos cálculos da quantidade de nutrientes de que cada lisímetro necessitava.

Procedeu-se também uma amostragem do solo para análise granulométrica (Tabela 5). Tal amostragem foi realizada retirando-se solo das camadas 0,00-0,15 m, 0,15- 0,30 m e 0,30-0,45 m.

Tabela 2 - Análise química inicial do solo

| Macronutrientes | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|----------|
| pH (CaCl ₂) | M.O. (g dm ⁻³) | P (mg dm ⁻³) | K (mg dm ⁻³) | Ca (mg dm ⁻³) | Mg (mg dm ⁻³) | CTC (mmol _c dm ⁻³) | V (%) |
| 5,47 | 12,67 | 43,67 | 62,56 | 1000,25 | 113,5 | 50 | 61,67 |
| Micronutrientes | | | | | | | |
| B (mg dm ⁻³) | Cu (mg dm ⁻³) | Fe (mg dm ⁻³) | Mn (mg dm ⁻³) | Zn (mg dm ⁻³) | | | |
| 0,21 | 1,64 | 105,34 | 1,47 | 31,14 | | | |

Tabela 3 - Análise química do solo no final do primeiro ciclo vegetativo

| Macronutrientes | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|----------|
| pH (CaCl ₂) | M.O. (g dm ⁻³) | P (mg dm ⁻³) | K (mg dm ⁻³) | Ca (mg dm ⁻³) | Mg (mg dm ⁻³) | CTC (mmol _c dm ⁻³) | V (%) |
| 5,24 | 9,67 | 106,67 | 58,65 | 1040,26 | 72,91 | 49 | 61 |
| Micronutrientes | | | | | | | |
| B (mg dm ⁻³) | Cu (mg dm ⁻³) | Fe (mg dm ⁻³) | Mn (mg dm ⁻³) | Zn (mg dm ⁻³) | | | |
| 0,25 | 1,14 | 85,34 | 1,34 | 7,77 | | | |

Tabela 4 - Análise química do solo no final do segundo ciclo vegetativo

| Macronutrientes | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|----------|
| pH (CaCl ₂) | M.O. (g dm ⁻³) | P (mg dm ⁻³) | K (mg dm ⁻³) | Ca (mg dm ⁻³) | Mg (mg dm ⁻³) | CTC (mmol _c dm ⁻³) | V (%) |
| 4,34 | 9 | 34 | 50,83 | 680,17 | 56,87 | 44,33 | 44 |
| Micronutrientes | | | | | | | |
| B (mg dm ⁻³) | Cu (mg dm ⁻³) | Fe (mg dm ⁻³) | Mn (mg dm ⁻³) | Zn (mg dm ⁻³) | | | |
| 0,23 | 1,32 | 77,2 | 1,42 | 17,34 | | | |

Tabela 5 - Análise granulométrica do solo para as camadas de 0-0,15 m; 0,15-0,30 m e 0,30-0,45 m

| Camadas | Argila | Silte | Areia | Areia Grossa | Areia Fina |
|-----------------------------------|------------|----------------|------------|--------------|---------------|
| | < 0,002 mm | 0,053–0,002 mm | 2–0,053 mm | 2–0,21 mm | 0,21–0,053 mm |
| ----- (g kg ⁻¹) ----- | | | | | |
| 0,00-0,15 m | 72 | 18 | 910 | 320 | 590 |
| 0,15-0,30 m | 56 | 34 | 910 | 330 | 580 |
| 0,30-0,45 m | 68 | 22 | 910 | 320 | 590 |

2.5.6 Controle de doenças e pragas

Para a prevenção de doenças fúngicas e localizadas na parte aérea, como a pinta-preta (*Cercosporidium personatum*) e a mancha-castanha (*Cercospora arachidicola*), como também doenças do solo como o tombamento ou “damping-off” (*Rhizoctonia solani*), foram realizadas pulverizações preventivas de 20 em 20 dias. O trips (*Enneotripes flavens*) e a lagarta do pescoço vermelho (*Stegasta osquella*), como principais pragas, foram controlados de acordo com a necessidade, isto é, a cada mês de avaliação foram realizados monitoramentos visuais das plantas e um especialista em controle fitossanitário verificava se as plantas eram atacadas por esses tipos de pragas.

2.5.7 Monitoramento das variáveis climáticas

Para o registro das variações climáticas que caracterizaram os ambientes do experimento, *data loggers* foram instalados (Figura 7). As seguintes variáveis foram registradas: temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura do ponto de orvalho e luminosidade, sendo esta última convertida em densidade de fluxo radiante (w m⁻²), conforme Villa Nova et al. (2001).

Cada *data logger* foi colocado num abrigo de madeira com as seguintes dimensões: 0,15 m x 0,15 m x 0,15 m de comprimento, largura e altura, respectivamente. Os dados coletados pelos *data loggers* foram descarregados pelo software BoxCar Pro 4.3 (ONSET COMPUTER CORPORATION, 2002).



Figura 7 - Posicionamento do *data logger* em campo para coleta de dados meteorológicos

As variáveis climáticas também foram determinadas por duas outras formas: 1) equipamentos portáteis que determinam luminosidade, como um luxímetro (Figura 8a); 2) pela coleta de dados oriunda da Estação automática meteorológica que está situada ao lado do experimento, onde foram coletados dados, temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura do ponto de orvalho e precipitação, sendo estas as principais observações. A Estação é composta de um *data logger* - CR e por um módulo de memória, em destaque (Figura 8b).

Os dados coletados pelos equipamentos portáteis foram obtidos diariamente em cada ambiente, sempre no mesmo horário, sendo considerados os dados médios dos dias de coleta. Os dados observados pelo luxímetro foram coletados dentro e fora dos ambientes experimentais que eram protegidos por cobertura plástica. Os dados coletados pela Estação automática também foram obtidos diariamente.



Figura 8 - Luxímetro e estação automática localizada no posto meteorológico

Dados de precipitação pluvial também foram considerados no monitoramento das variáveis climáticas. As fertirrigações ocorriam a cada 7 dias; porém, com o registro de chuvas nos dias anteriores à aplicação excedendo a lâmina de irrigação requerida, as fertirrigações não eram efetuadas no ambiente a céu aberto, até porque as plantas estariam submetidas a um estresse hídrico se estas aplicações fossem realizadas, interferindo em seu processo de desenvolvimento.

2.5.8 Parâmetros fitotécnicos e de pós-colheita

Foram avaliados os parâmetros fitotécnicos altura da planta e diâmetro do caule. As avaliações foram realizadas em quatro períodos do ciclo da cultura: 30, 60, 80 e 100 dias após a semeadura. Em cada lisímetro foram realizadas três medições, uma em cada fileira de plantas. Os dados da altura de planta foram obtidos com uma régua e os dados de diâmetro de caule foram obtidos com um paquímetro digital.

Os parâmetros de pós-colheita para análise foram definidos como produção e produtividade, número de vagens e umidade do grão. Os dados de produção foram obtidos pelo peso da vagem, que corresponde ao grão mais a casca, e também ao peso do grão e da casca separadamente; já a produtividade corresponde a esta pesagem em função da área plantada. As vagens e grãos foram pesados em uma balança analítica padrão e a contagem realizada manualmente. O número total de vagens resume-se à contagem dos grãos e das vagens separadamente.

Para se determinar a umidade do grão, foi necessário primeiramente obter a atividade da água ou umidade relativa higroscópica. Para obter a umidade do grão é necessário plotar os dados

da atividade da água em isotermas de dessorção de umidade, que podem alterar a absorção de água, pois as isotermas constituem o elo entre a atividade da água e a umidade do grão.

A partir da seleção das 10 melhores vagens por cada extrator, foram selecionados também os 10 melhores grãos por cada extrator, os quais foram direcionados à avaliação da atividade da água (Figura 9). Portanto, para cada lisímetro foram separadas 60 vagens.

Antes de conduzir os grãos e cascas para o laboratório, os mesmos foram submetidos ao processo de secagem natural, permanecendo 48 h em repouso.



Figura 9 - Aparelho utilizado para determinação da atividade da água no grão e na casca do amendoim

2.5.9 Monitoramento da dinâmica de solutos e pH

A solução do solo foi obtida semanalmente, ao longo dos dois ciclos do amendoim, utilizando-se extratores com cápsulas porosas de cerâmica em sua extremidade inferior e borrachas especiais com vedação de silicone na extremidade superior. As cápsulas estavam localizadas nas profundidades de 0,15 e 0,25 m da superfície do solo. As soluções do solo foram retiradas das câmaras dos extratores aproximadamente 24 h após a aplicação da fertirrigação. Em seguida, foi retirado o vácuo dos extratores. As fertirrigações foram realizadas com água destilada, para evitar impurezas na identificação dos solutos no solo.

Uma vez coletadas as amostras, as análises foram encaminhadas para o laboratório, onde se determinou inicialmente o pH pelo equipamento Horiba, modelo D-53. Em seguida, foram determinadas as concentrações de potássio e cálcio, respectivamente pelos métodos de

espectrofotometria de emissão atômica (Figura 10a) e espectrofotometria de absorção atômica (Figura 10b).

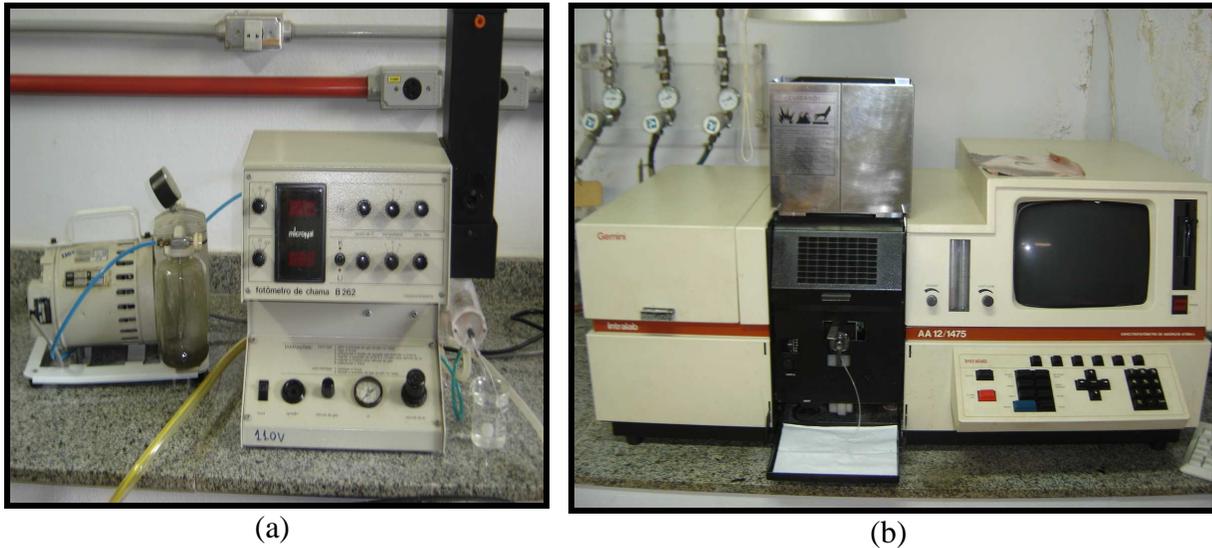


Figura 10 - Aparelhos utilizados para as determinações de concentrações dos íons K^+ (a) e Ca^{++} (b)

2.6 Resultados e discussão

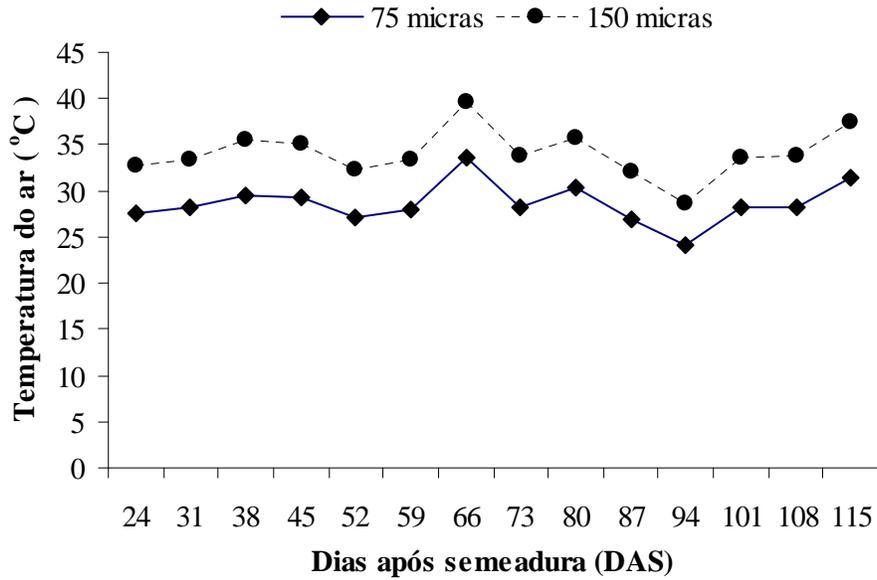
2.6.1 Ambientes protegidos

2.6.1.1 Temperatura do ar e umidade relativa do ar

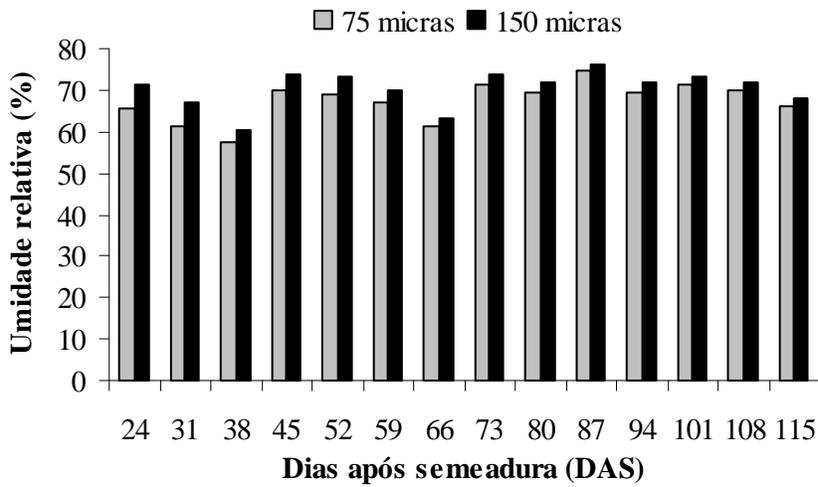
Primeiramente, serão apresentados os dados médios de temperatura do ar e umidade relativa dos ambientes protegidos para o primeiro ciclo experimental (Figuras 11a e 11b). É possível notar que, para os dois ambientes, foi apresentada uma mesma tendência durante todo o ciclo, tanto para os dados de temperatura do ar como também para os de umidade relativa. No segundo ciclo experimental (Figuras 12a e 12b), apenas para os dados de umidade relativa e somente aos 66 DAS houve uma tendência contrária.

Observa-se que, nos dois ciclos, a temperatura do ar e a umidade relativa apresentaram muitas oscilações durante os ciclos, o que é passível de ocorrer segundo Tanaka e Genta (1982), os quais constataram que, durante o período diurno, com o aumento da temperatura, a umidade relativa diminui no interior da casa-de-vegetação, tornando-se inferior à verificada externamente e,

durante a noite, esta aumenta muito, chegando a valores próximos de 100% logo antes do nascer do sol, por causa da queda acentuada da temperatura do ar e da retenção do vapor d'água pela cobertura plástica.



(a)



(b)

Figura 11 - Temperatura do ar (a) e umidade relativa (b) nos ambientes protegidos para o primeiro ciclo experimental

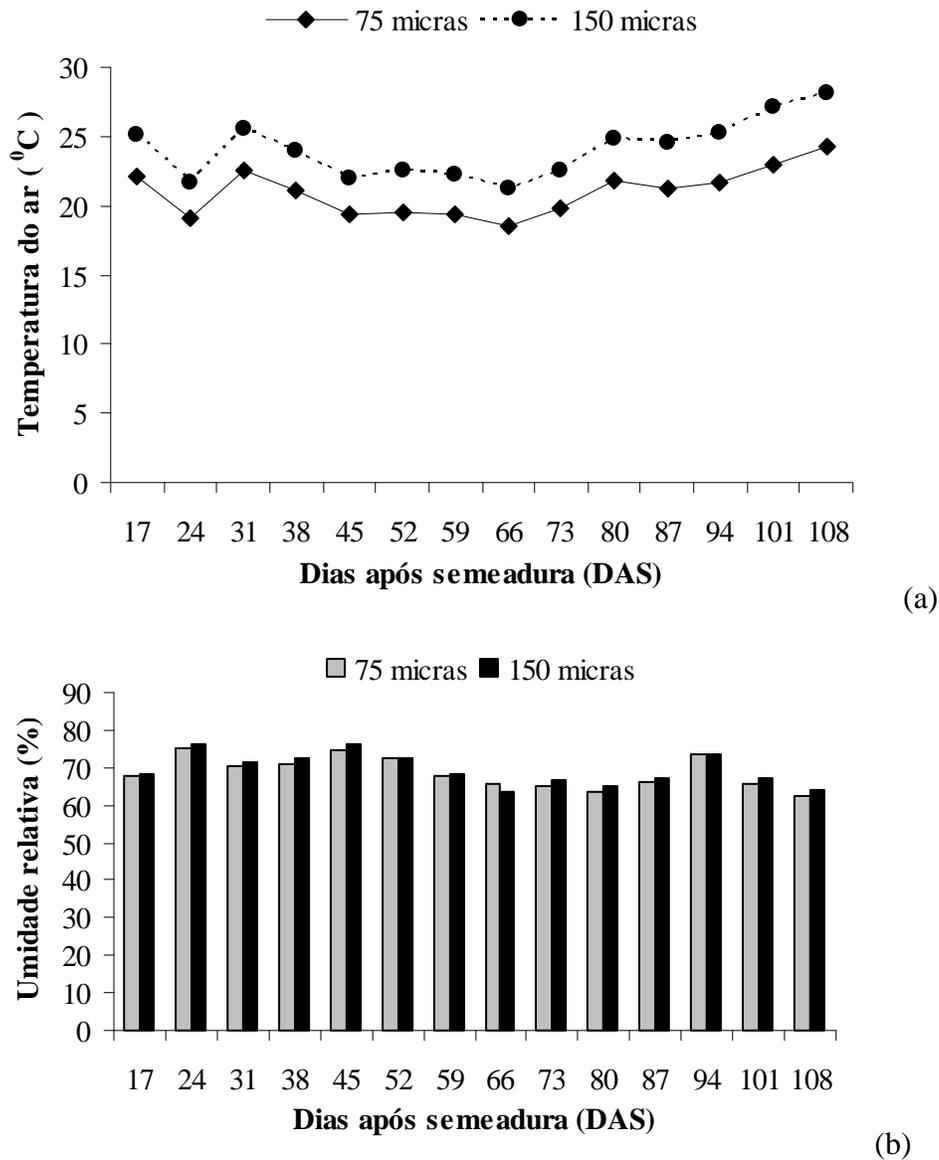


Figura 12 - Temperatura do ar (a) e umidade relativa (b) nos ambientes protegidos para o segundo ciclo experimental

2.6.1.2 Potássio

Considerando a interação em um mesmo ciclo, observou-se que os níveis de potássio não sofreram alteração entre os dois ambientes isoladamente; porém, entre os ciclos, em um mesmo ambiente, ocorreu uma variação muito significativa, evidenciando a condição de que no ciclo vegetativo, que apresenta um clima mais seco, os nutrientes permanecem mais retidos do que percolados no perfil do solo (Tabela 6).

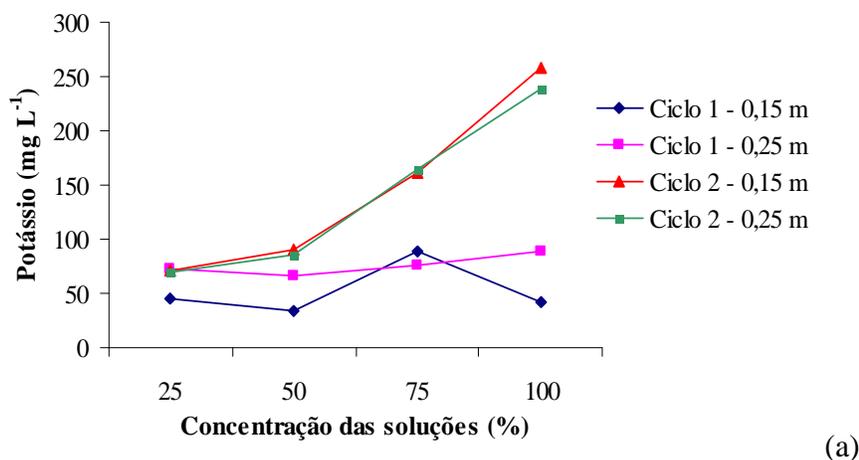
Tabela 6 – Valores médios das concentrações de potássio (mg L⁻¹) para os ambientes protegidos, ciclos de cultivo, profundidades e soluções estudadas

| Ambiente | Ciclo | Profundidade (m) | Solução (%) |
|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| (75 µm) 103,08 A | (1) 65,43 Ba | (0,15) 55,08 BbA | (25) 52,09 ABaAa |
| | | | (50) 37,23 BbBb |
| | | | (75) 80,27 AaBa |
| | | | (100) 50,72 ABaBa |
| | (2) 140,73 Aa | (0,25) 75,78 AbA | (25) 73,6 AaAa |
| | | | (50) 83,44 AaAa |
| | | | (75) 73,09 AaBa |
| | | | (100) 73,0 AaBa |
| | (1) 63,36 Ba | (0,15) 140,6 AaA | (25) 66,02 CaAa |
| | | | (50) 92,53 CaAa |
| | | | (75) 161,45 BaAa |
| | | | (100) 242,39 AaAa |
| (2) 139,5 Aa | (0,25) 140,87 AaA | (25) 64,19 DaAa | |
| | | (50) 106,16 CaAa | |
| | | (75) 153,02 BaAa | |
| | | (100) 240,12 AaAa | |
| (150 µm) 101,43 A | (1) 63,36 Ba | (0,15) 68,32 AbA | (25) 85,25 AaAa |
| | | | (50) 77,83 ABaB**a |
| | | | (75) 63,6 ABaBa |
| | | | (100) 46,62 BaBa |
| | (2) 139,5 Aa | (0,25) 58,4 AbB | (25) 42,99 AbAa |
| | | | (50) 64,2 AaBa |
| | | | (75) 68,9 AaBa |
| | | | (100) 57,52 AaBa |
| | (1) 63,36 Ba | (0,15) 143,15 AaA | (25) 62,24 DaAa |
| | | | (50) 113,7 C**aA**a |
| | | | (75) 148,99 B**aAa |
| | | | (100) 247,67 AaAa |
| (2) 139,5 Aa | (0,25) 135,86 AaA | (25) 46,49 DaAa | |
| | | (50) 105,11 CaAa | |
| | | (75) 151,3 BaAa | |
| | | (100) 240,53 AaAa | |

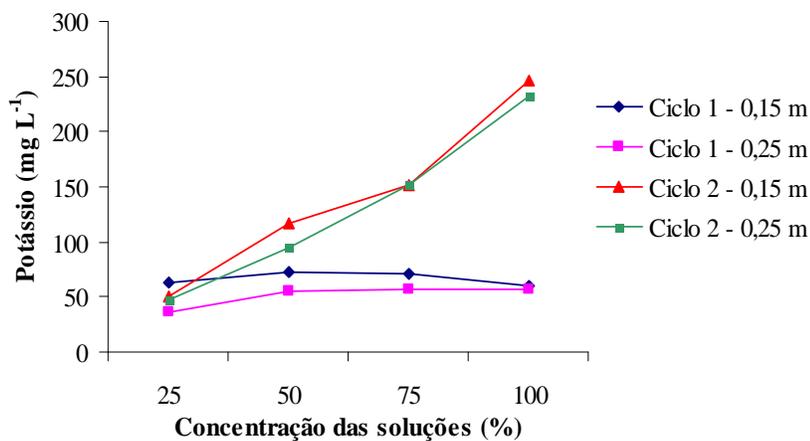
** Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

- Entre ambientes, médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre ciclos, no mesmo ambiente, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- No mesmo ciclo, entre ambientes, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre profundidades, no mesmo ciclo e ambiente, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma profundidade, entre ciclos, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma profundidade e ciclo, entre ambientes, médias seguidas da mesma letra azul na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, na mesma profundidade, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução, entre profundidades, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução e profundidade, em ciclos diferentes, médias seguidas da mesma letra azul maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução, profundidade e ciclos, em ambientes diferentes, médias seguidas da mesma letra azul minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Considerando-se a profundidade de instalação dos extratores na análise, no primeiro ciclo e no ambiente protegido pelo filme plástico de 75 micrometros de espessura, observou-se uma maior concentração de nutrientes na camada mais profunda, em todas as concentrações estudadas (Figura 13a), o que Bar-Yosef (1999) comprova, relatando também o aumento da velocidade de transporte do potássio em função do seu decréscimo de capacidade tampão. No ambiente protegido com filme plástico de 150 micrometros (Figura 13b), também se referindo ao primeiro ciclo, ocorreu uma situação inversa, o que é justificado pela atenuação do filme plástico. E por fim, com a interação de todos os fatores, é notória a maior ocorrência de potássio no segundo ciclo vegetativo, tanto na camada mais superficial como na mais profunda, sugerindo menor movimentação dos íons potássio em um período vegetativo mais seco (ANEXO A).



(a)



(b)

Figura 13 - Distribuição do íon potássio no solo para os ambientes protegidos com filme plástico de 75 (a) e 150 micrometros (b)

2.6.1.3 Cálcio

Em relação às concentrações de cálcio aplicadas, numa análise isolada entre os ambientes, houve efeito significativo (ANEXO B). O efeito foi evidenciado principalmente considerando os dois ciclos em um mesmo ambiente, justificado pela variação climática entre os ciclos vegetativos (Tabela 7).

Relacionando o fator profundidade com os ambientes e ciclos, as diferenças significativas se resumem à movimentação dos íons cálcio numa mesma profundidade, entre dois ciclos, constatando o que já era previsto, ou seja, a baixa mobilidade do íon cálcio no solo, conforme apresentado por Araújo (2003), que verificou a movimentação de cálcio em um Latossolo Vermelho distroférico argiloso. Incluindo o fator solução na análise, a tendência para uma movimentação dos íons cálcio melhor distribuída ocorreu no ciclo vegetativo mais seco, sendo que, entre todos os níveis, ocorreu variação significativa, considerando as duas camadas no perfil do solo (Figuras 14a e 14b).

2.6.1.4 Potencial hidrogeniônico (pH)

Nesta análise de pH, a menor média obtida, considerando-se os dois ambientes, foi de 6,58, o que não reflete o que alguns autores apresentam, ou seja, Blamey e Chapman (1982) observaram que a aplicação de cálcio aumenta a produção em solo com baixo pH (4,5), melhorando a nutrição nitrogenada; reiterando essa questão, Quaggio et al. (1982) consideram que a aplicação de cálcio aumenta a produção em solo com pH 5,0, contribuindo para a concentração de cálcio na zona de frutificação. A afirmação desses autores também foi constatada nas análises químicas realizadas neste trabalho, mesmo antes de iniciar os experimentos, como também após o término dos ciclos experimentais. Porém, deve-se salientar que, com as aplicações de cálcio e potássio ao longo dos ciclos, principalmente a de cálcio, por ter sido aplicado um reagente básico, considerou-se previsível um aumento nos valores de pH. Esse aumento também foi verificado por Rao et al. (1985), os quais constataram que a melhor produtividade do amendoim é obtida com pH entre 6 e 6,5. É possível observar que as principais diferenças significativas ocorreram no ambiente de maior espessura plástica e no segundo ciclo vegetativo, considerando a análise em uma mesma profundidade, sendo que foram apresentados

Tabela 7 - Valores médios das concentrações de cálcio (mg L⁻¹) para os ambientes protegidos, ciclos de cultivo, profundidades e soluções estudadas

| Ambiente | Ciclo | Profundidade (m) | Solução (%) | |
|-------------------|-------------------|------------------------|------------------------|------------------|
| (75 µm) 323,42 B | (1) 165,54 Ba | (0,15) 153,37 AbB** | (25) 119,48 AaBa | |
| | | | (50) 156,24 AaBa | |
| | | (75) 161,11 AaBa | | |
| | | (100) 176,66 AaBa | | |
| | | (2) 481,29 Aa | (0,25) 177,71 AbA | (25) 177,25 AaBa |
| | | | | (50) 200,76 AaBa |
| | (75) 176,89 AaBa | | | |
| | (100) 155,94 AaBa | | | |
| | (150 µm) 337,38 A | (1) 179,35 Ba | (0,15) 178,94 AbA** | (25) 348,3 DaAa |
| | | | | (50) 428,4 CaAa |
| | | | (75) 519,34 BaAa | |
| | | | (100) 608,11 AaAa | |
| (2) 495,41 Aa | | | (0,25) 486,54 AaA | (25) 360,3 CaAa |
| | | | | (50) 422,85 CaAa |
| | | (75) 530,01 BaAa | | |
| | | (100) 633,01 AaAa | | |
| (1) 179,35 Ba | | (0,15) 178,94 AbA** | (25) 168,01 AaBa | |
| | | | (50) 188,4 AaBa | |
| | | (75) 181,2 AaBa | | |
| | | (100) 178,15 AaBa | | |
| | (2) 495,41 Aa | (0,25) 179,75 AbA | (25) 173,4 AaBa | |
| | | | (50) 180,93 AaBa | |
| (75) 180,31 AaBa | | | | |
| (100) 184,36 AaBa | | | | |
| (2) 495,41 Aa | (0,15) 495,54 AaA | (25) 393,95 CaAa | | |
| | | (50) 432,85 CaAa | | |
| | (75) 520,91 BaAa | | | |
| | (100) 634,45 AaAa | | | |
| | (0,25) 495,29 AaA | (25) 382,13 CaAa | | |
| | | (50) 440,96 CaAa | | |
| (75) 530,34 BaAa | | | | |
| (100) 627,71 AaAa | | | | |

** Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

- Entre ambientes, médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre ciclos, no mesmo ambiente, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- No mesmo ciclo, entre ambientes, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre profundidades, no mesmo ciclo e ambiente, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma profundidade, entre ciclos, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma profundidade e ciclo, entre ambientes, médias seguidas da mesma letra azul na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, na mesma profundidade, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução, entre profundidades, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução e profundidade, em ciclos diferentes, médias seguidas da mesma letra azul maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução, profundidade e ciclos, em ambientes diferentes, médias seguidas da mesma letra azul minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

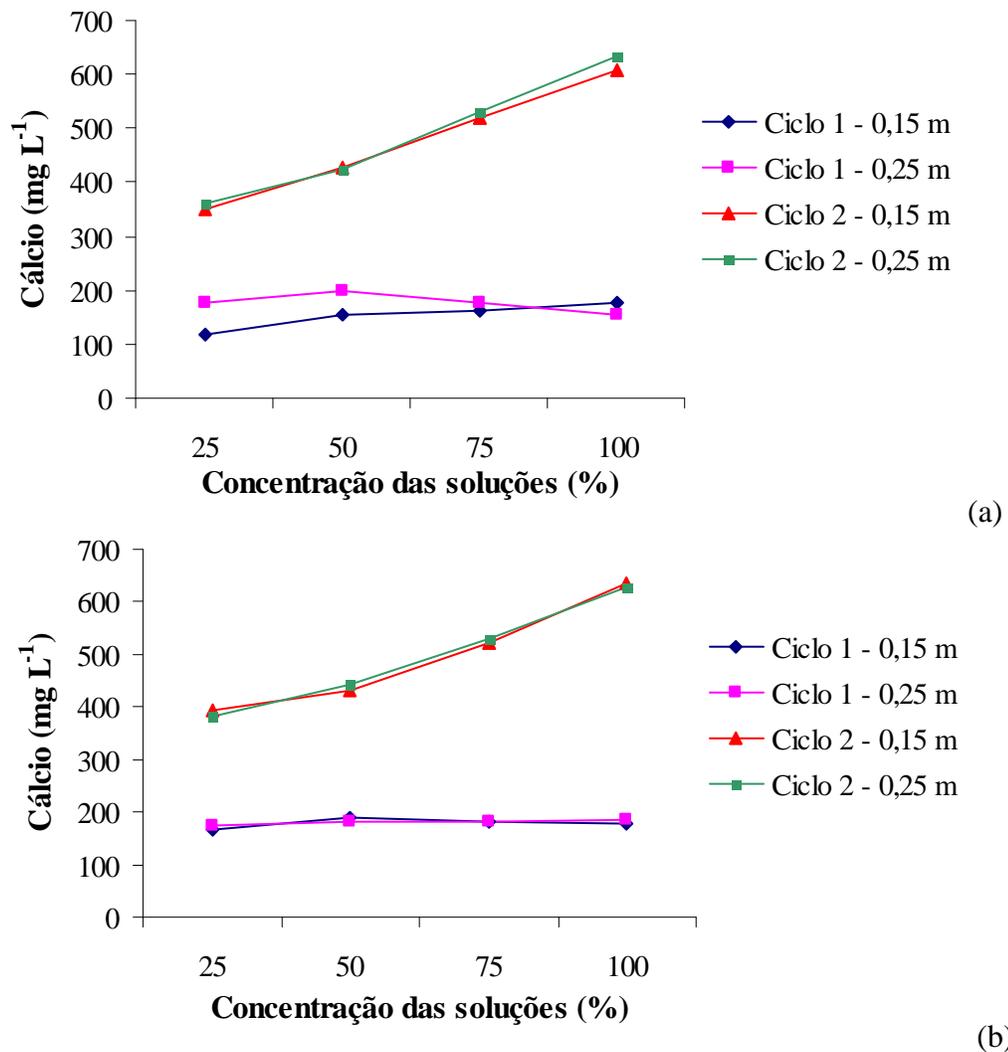


Figura 14 - Distribuição do íon cálcio no solo para os ambientes protegidos com filme plástico de 75 (a) e 150 micrometros (b)

valores superiores de pH no primeiro ciclo (Tabela 8). Essa observação constata que o pH não se relaciona com a quantidade de nutrientes retida no solo, ou seja, no segundo ciclo vegetativo, que apresenta uma maior quantidade de nutrientes no solo devido ao período mais seco, os valores de pH se apresentaram com uma tendência a diminuir (ANEXO C).

Tabela 8 - Valores médios de pH para os ambientes protegidos, ciclos de cultivo, profundidades e soluções estudadas

| Ambiente | Ciclo | Profundidade (m) | Solução (%) |
|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| (75 µm) 7,05 A | (1) 7,14 Aa | (0,15) 7,11 AaA | (25) 7,17 AaAa |
| | | | (50) 7,03 AaAa |
| | | | (75) 7,00 AaAa |
| | | | (100) 7,23 AaAa |
| | (2) 6,97 Ba | (0,25) 7,16 AaA | (25) 7,22 AaAa |
| | | | (50) 6,93 AaAa |
| | | | (75) 7,23 AaAa |
| | | | (100) 7,27 AaAa |
| | (1) 7,2 Aa | (0,15) 6,97 AaA | (25) 7,21 AaAa |
| | | | (50) 6,84 AaAa |
| | | | (75) 6,83 AaAa |
| | | | (100) 6,98 AaAa |
| (150 µm) 6,98 A | (1) 7,2 Aa | (0,25) 6,98 AaA | (25) 7,12 AaAa |
| | | | (50) 6,76 AaAa |
| | | | (75) 6,86 AaAa |
| | | | (100) 7,18 AaAa |
| | (2) 6,77 Bb | (0,15) 7,19 AaA | (25) 7,06 AaAa |
| | | | (50) 7,4 AaA**a |
| | | | (75) 7,03 AaAa |
| | | | (100) 7,26 AaAa |
| (1) 7,2 Aa | (0,25) 7,22 AaA | (25) 7,2 AaAa | |
| | | (50) 7,34 AaAa | |
| | | (75) 7,00 AaAa | |
| | | (100) 7,32 AaAa | |
| (2) 6,77 Bb | (0,15) 6,76 AbA | (25) 6,58 AaAb | |
| | | (50) 6,81 AaB**a | |
| | | (75) 6,73 AaAa | |
| | | (100) 6,9 AaAa | |
| (1) 7,2 Aa | (0,25) 6,77 AbA | (25) 6,58 AaBa | |
| | | (50) 6,86 AaAa | |
| | | (75) 6,8 AaAa | |
| | | (100) 6,86 AaAa | |

** Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

- Entre ambientes, médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre ciclos, no mesmo ambiente, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- No mesmo ciclo, entre ambientes, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre profundidades, no mesmo ciclo e ambiente, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma profundidade, entre ciclos, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma profundidade e ciclo, entre ambientes, médias seguidas da mesma letra azul na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, na mesma profundidade, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução, entre profundidades, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução e profundidade, em ciclos diferentes, médias seguidas da mesma letra azul maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução, profundidade e ciclos, em ambientes diferentes, médias seguidas da mesma letra azul minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

2.6.1.5 Parâmetros vegetativos

Primeiramente, será discutido em termos de altura da planta. Considerando o crescimento das plantas nos dois ambientes, não houve efeito significativo (Tabela 9), porém, entre os ciclos, dentro de cada ambiente, as plantas cresceram de forma significativa, principalmente no primeiro ciclo vegetativo. Isto foi comprovado pela presença significativa de orvalho no segundo ciclo vegetativo, o qual será apresentado no tópico seguinte, e também pela atenuação dos filmes plásticos de 75 e 150 μm , inibindo o crescimento das plantas neste ciclo, o que foi constatado por Letey (1985), comprovando a relação direta do crescimento das plantas de amendoim com água e temperatura. Observou-se também, que, entre os diferentes lisímetros, caracterizados pelos níveis de solução, não ocorreram um crescimento diferenciado nas plantas (ANEXO D).

Assim como para a altura das plantas, entre os ambientes e entre os níveis de solução, o diâmetro do caule aumentou de forma homogênea (ANEXO E), o que também ocorreu analisando-se isoladamente o efeito entre os ciclos (Tabela 10).

2.6.1.6 Produção de grãos

No parâmetro produção de grãos, foram realizadas análises estatísticas que abordam a interação de quatro fatores, em que, na avaliação isolada entre os ambientes e também pontuando apenas um ciclo, não houve efeito significativo. No primeiro ciclo vegetativo, ocorreu efeito significativo, correspondendo a uma produção bem mais acentuada de amendoim do que em relação ao segundo ciclo (Tabela 11).

Tabela 9 – Valores médios de altura de planta (cm) para os ambientes protegidos, ciclos de cultivo e soluções estudadas*

| Ambiente | Ciclo | Solução (%) |
|-----------------|---------------|----------------|
| (75 µm) 5,88 A | (1) 6,74 Aa | (25) 6,68 AaA |
| | | (50) 7,03 AaA |
| | | (75) 6,78 AaA |
| | | (100) 6,47 AaA |
| | (2) 5,02 Ba | (25) 5,05 AaA |
| | | (50) 5,14 AaA |
| | | (75) 5,19 AaA |
| | | (100) 4,7 AaA |
| (150 µm) 5,51 A | (1) 6,19 A**a | (25) 6,17 AaA |
| | | (50) 6,3 AaA |
| | | (75) 6,27 AaA |
| | | (100) 6,02 AaA |
| | (2) 4,82 B**a | (25) 4,69 AaA |
| | | (50) 5,00 AaA |
| | | (75) 4,77 AaA |
| | | (100) 4,84 AaA |

*Valores transformados em \sqrt{x}

** Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

- Entre ambientes, médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre ciclos, no mesmo ambiente, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- No mesmo ciclo, entre ambientes, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, no mesmo ciclo, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução, entre ciclos, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução e ciclo, em ambientes diferentes, médias seguidas da mesma letra azul maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Tabela 10 – Valores médios de diâmetro de caule (mm) para os ambientes protegidos, ciclos de cultivo e soluções estudadas *

| Ambiente | Ciclo | Solução (%) |
|-----------------|-------------|----------------|
| (75 µm) 2,8 A | (1) 2,71 Aa | (25) 2,65 AaA |
| | | (50) 2,83 AaA |
| | | (75) 2,74 AaA |
| | | (100) 2,62 AaA |
| | (2) 2,88 Aa | (25) 2,82 AaA |
| | | (50) 2,88 AaA |
| | | (75) 2,87 AaA |
| | | (100) 2,95 AaA |
| (150 µm) 2,77 A | (1) 2,7 Aa | (25) 2,56 AaA |
| | | (50) 2,48 AaA |
| | | (75) 2,9 AaA |
| | | (100) 2,87 AaA |
| | (2) 2,84 Aa | (25) 2,75 AaA |
| | | (50) 2,82 AaA |
| | | (75) 2,82 AaA |
| | | (100) 2,95 AaA |

*Valores transformados em \sqrt{x}

- Entre ambientes, médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre ciclos, no mesmo ambiente, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- No mesmo ciclo, entre ambientes, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, no mesmo ciclo, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução, entre ciclos, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução e ciclo, em ambientes diferentes, médias seguidas da mesma letra azul maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Tabela 11 - Valores médios de produção de amendoim (g) para os ambientes protegidos, ciclos de cultivo, profundidades e soluções estudadas*

| Ambiente | Ciclo | Profundidade (m) | Solução (%) |
|-----------------|-----------------|------------------|----------------|
| (75 µm) 3,36 A | (1) 4,89 Aa | (0,15) 4,99 AaA | (25) 5,41 AaAa |
| | | | (50) 5,03 AaAa |
| | | (75) 4,81 AaAa | |
| | | (100) 4,71 AaAa | |
| | | (0,25) 4,8 AaA | (25) 4,64 AaAa |
| | | | (50) 4,59 AaAa |
| | (75) 4,9 AaAa | | |
| | (100) 5,06 AaAa | | |
| | (2) 1,64 Ba | (0,15) 1,61 AbA | (25) 1,04 AaBa |
| | | | (50) 1,99 AaBa |
| | | (75) 2,04 AaBa | |
| | | (100) 1,38 AaBa | |
| (0,25) 1,66 AbA | | (25) 1,3 AaBa | |
| | | (50) 1,94 AaBa | |
| | (75) 2,26 AaBa | | |
| | (100) 1,16 AaBa | | |
| (150 µm) 3,35 A | (1) 4,74 Aa | (0,15) 4,67 AaA | (25) 4,68 AaAa |
| | | | (50) 4,64 AaAa |
| | | (75) 4,65 AaAa | |
| | | (100) 4,7 AaAa | |
| | | (0,25) 4,82 AaA | (25) 4,59 AaAa |
| | | | (50) 5,18 AaAa |
| | (75) 4,52 AaAa | | |
| | (100) 4,97 AaAa | | |
| | (2) 1,96 Ba | (0,15) 2,08 AbA | (25) 1,47 AaBa |
| | | | (50) 2,34 AaBa |
| | | (75) 2,44 AaBa | |
| | | (100) 2,05 AaBa | |
| (0,25) 1,84 AbA | | (25) 1,78 AaBa | |
| | | (50) 1,91 AaBa | |
| | (75) 2,19 AaBa | | |
| | (100) 1,49 AaBa | | |

*Valores transformados em $\chi^{0,3}$

- Entre ambientes, médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre ciclos, no mesmo ambiente, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- No mesmo ciclo, entre ambientes, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre profundidades, no mesmo ciclo e ambiente, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma profundidade, entre ciclos, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma profundidade e ciclo, entre ambientes, médias seguidas da mesma letra azul na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, na mesma profundidade, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução, entre profundidades, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução e profundidade, em ciclos diferentes, médias seguidas da mesma letra azul maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Na mesma solução, profundidade e ciclos, em ambientes diferentes, médias seguidas da mesma letra azul minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Incluindo o fator profundidade dos extratores de solução na análise com os ambientes e com os ciclos vegetativos, não foi apresentado nenhum efeito significativo. Na análise completa, com todos os fatores, a diferença significativa da produção ocorre também entre os ciclos, porém analisando apenas um ambiente. Em relação à produtividade, considerou-se a proporção em hectares para a área total de cada ambiente que corresponde a 7,36 m². No primeiro ciclo vegetativo, a produtividade foi de 6697,28 kg ha⁻¹ e 6107,33 kg ha⁻¹, respectivamente, para os ambientes protegidos com filme plástico de 75 e 150 µm de espessura, o inverso ocorreu no segundo ciclo vegetativo, com resultados de 236,82 kg ha⁻¹ e 412,77 kg ha⁻¹, respectivamente, para os ambientes supracitados. Isto se deve provavelmente à maior incidência de orvalho no período mais seco, devido ao clima mais frio que é característico do período de maio a agosto, constatando que, no ambiente com coberto com filme plástico de maior espessura (150 µm), a temperatura do ponto de orvalho apresentada foi superior quando comparada à do ambiente coberto com filme plástico de menor espessura (Figuras 15a e 15b). Nesta condição, a maior espessura promoveu redução da quantidade máxima de vapor de água que o ar pode conter, em determinada temperatura (INDRIUNAS, 2008). Deve ser ressaltado que, na condição de maior produção apresentada no primeiro ciclo vegetativo, no ambiente de 75 µm, a temperatura média do ponto de orvalho foi de 20,1 °C.

2.6.2 Ambiente a céu aberto

2.6.2.1 Precipitação pluvial

Na Figura 16 são apresentadas precipitações pluviais do primeiro ciclo vegetativo em relação às aplicações ou fertirrigações representadas pelo dias após semeadura (DAS). É notória a diferença da ocorrência de chuvas entre os ciclos. No primeiro ciclo vegetativo, na terceira, sétima e oitava semanas de aplicação foram registradas precipitações pluviais totais de 0 mm, 0,1 mm e 127,3 mm, respectivamente. Neste ciclo chuvoso, na maioria das aplicações, a precipitação ocorrida supriu a demanda hídrica necessária para as três fileiras de plantas de cada lisímetro, que foi de 24 mm.

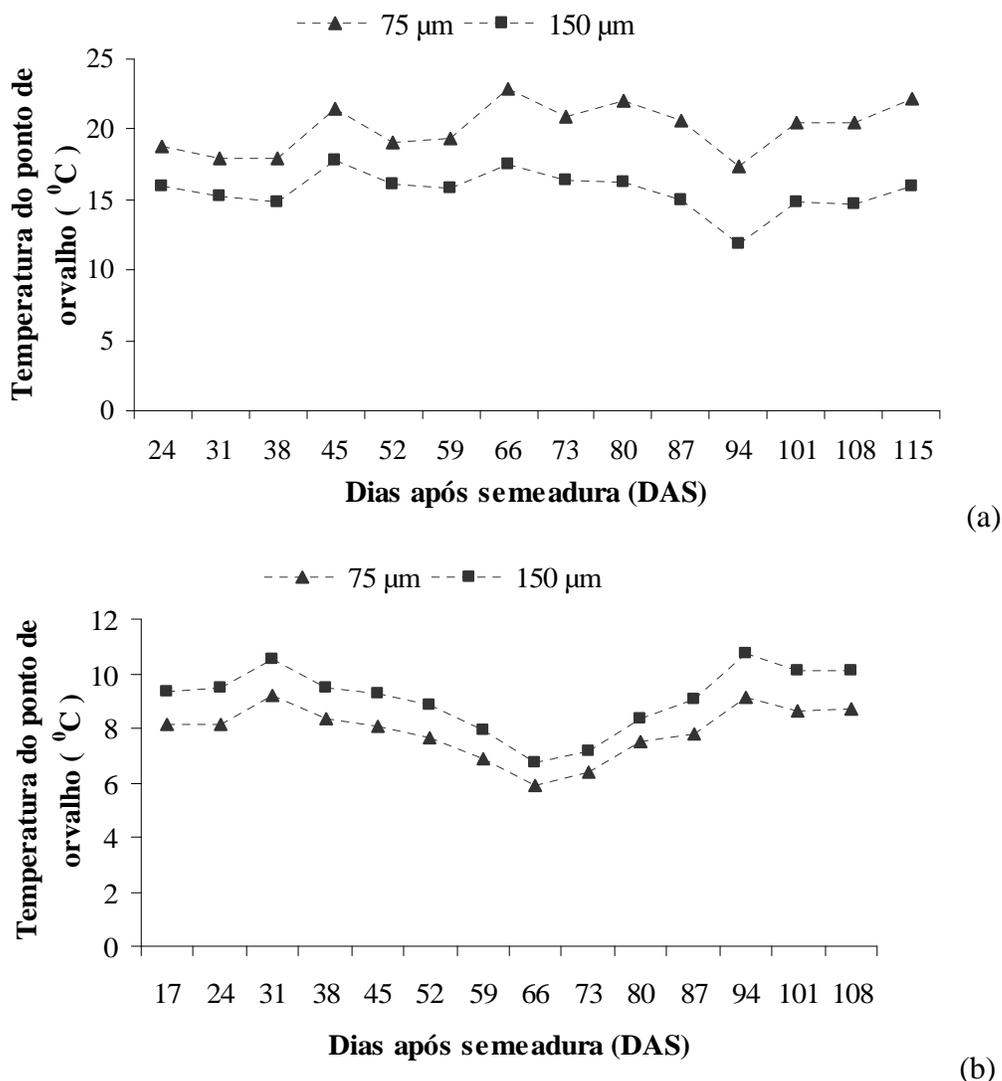


Figura 15 - Temperaturas do ponto de orvalho referentes ao primeiro (a) e segundo (b) ciclos experimentais

No segundo ciclo vegetativo, inversamente ao primeiro ciclo, não foram registradas chuvas na oitava e nona semanas de aplicações (Figura 17), visto que na quarta semana de aplicação foi registrado apenas 0,5 mm de precipitação. Na sexta e sétima semanas de aplicação, foram registrados baixos valores de precipitação, respectivamente 0,2 e 0,1 mm. Deve-se ressaltar que a precipitação total ocorrida durante uma semana foi de 48,9 mm, correspondente à última aplicação. Neste ciclo mais seco, em apenas três aplicações, a precipitação pluvial supriu a demanda hídrica de 24 mm.

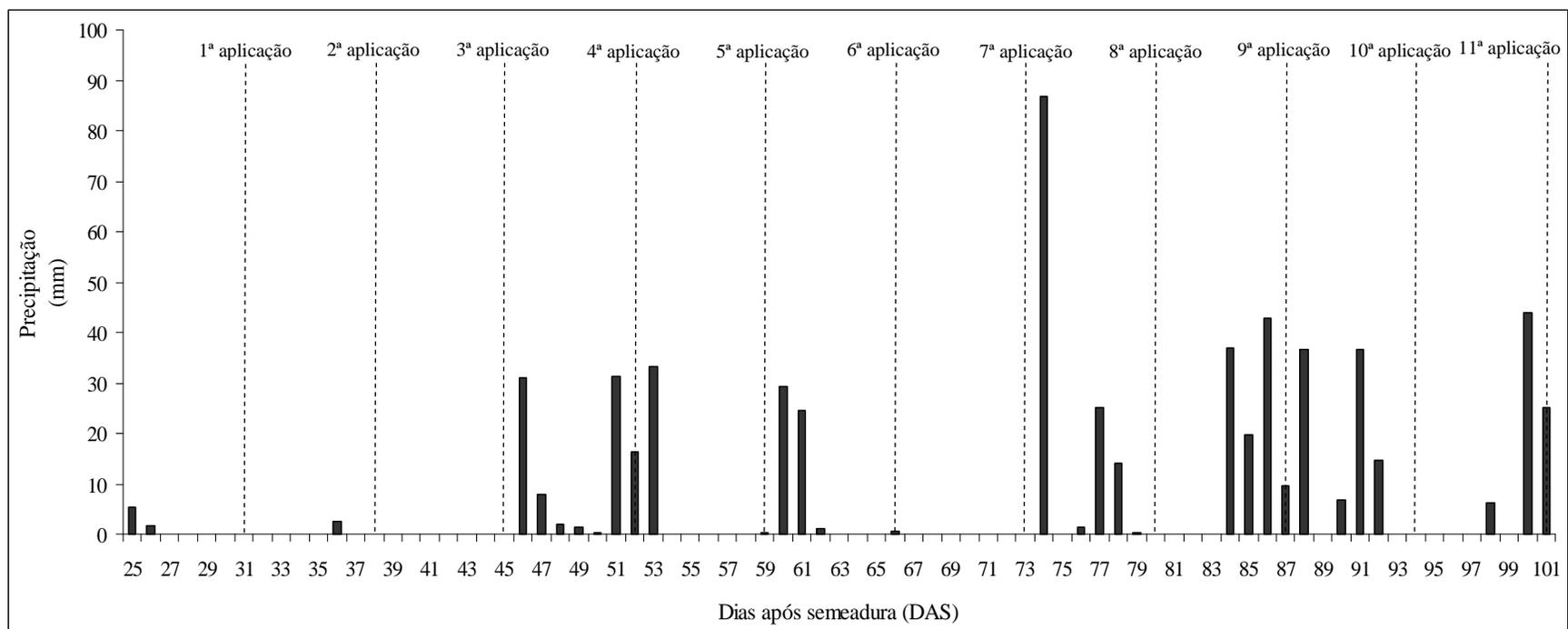


Figura 16 - Precipitações pluviárias referentes ao primeiro ciclo vegetativo da cultura do amendoim

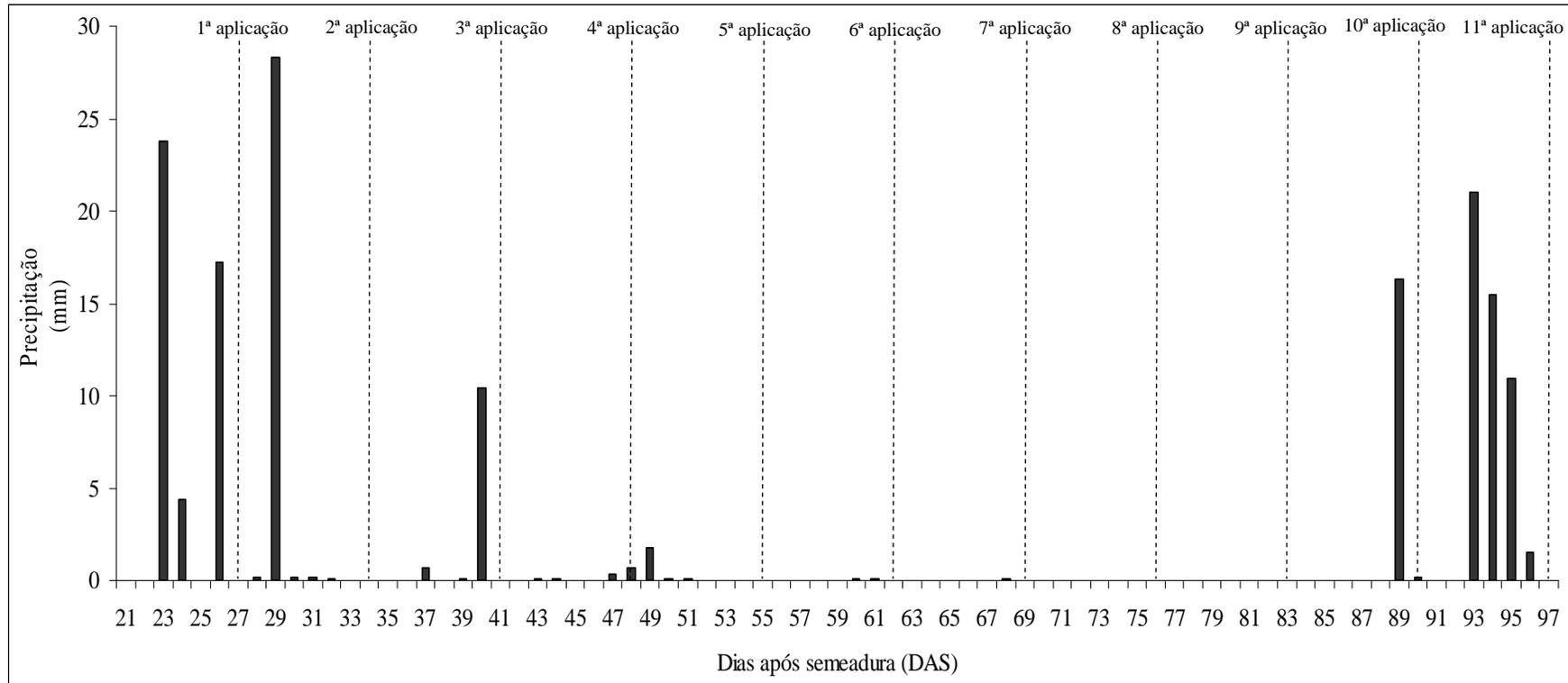


Figura 17 - Precipitações pluviiais referentes ao segundo ciclo vegetativo da cultura do amendoim

2.6.2.2 Temperatura do ar e umidade relativa

No ambiente a céu aberto, não houve uma tendência regular nos dois ciclos experimentais, tanto para a temperatura do ar (Figura 18) como para a umidade relativa (Figura 19). Isto comprova a eficiência dos ambientes protegidos em atenuar condições climáticas como precipitação pluvial e rajadas de vento. Quanto à temperatura, em todo o primeiro ciclo, esta foi superior quando comparada aos dados do segundo ciclo. Mas, em relação à umidade relativa, houve uma oscilação muito significativa entre os ciclos, a qual é provavelmente devida à baixa frequência das chuvas nestes períodos.

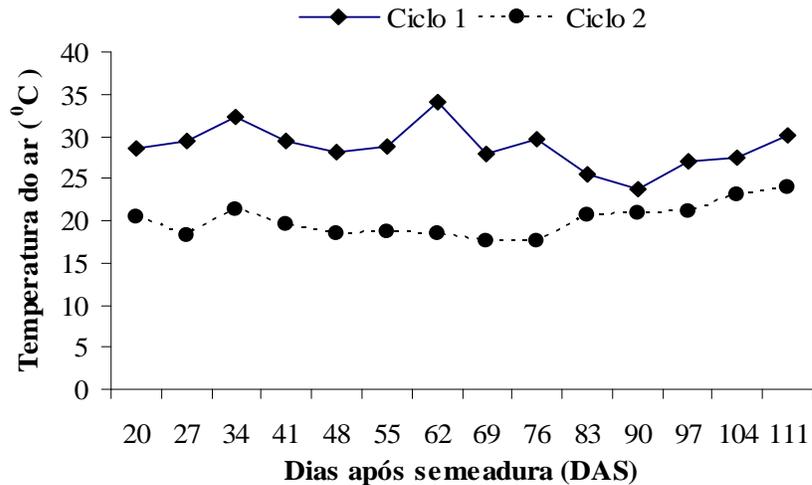


Figura 18 - Temperatura do ar no ambiente a céu aberto ao longo dos dois ciclos de cultivo

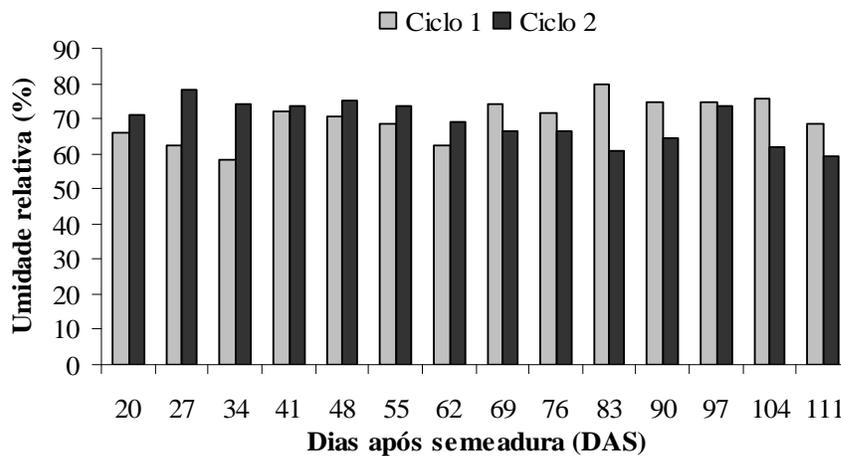


Figura 19 - Umidade relativa no ambiente a céu aberto ao longo dos dois ciclos de cultivo

2.6.2.3 Potássio

Observou-se que ocorreu uma grande variação nos níveis de potássio entre os ciclos, reafirmando também a condição de que no ciclo vegetativo com clima mais seco, com menor ocorrência de chuvas, os nutrientes permanecem mais retidos do que percolados no perfil do solo (Tabela 12). Quanto ao fator profundidade, analisando isoladamente cada ciclo, apenas no primeiro ciclo foi observada uma maior concentração de nutrientes na camada mais profunda.

Tabela 12 – Valores médios de concentrações de potássio (mg L^{-1}) nos dois ciclos de cultivos, profundidades e soluções estudadas*

| Ciclo | Profundidade (m) | Solução (%) |
|-------------|------------------|-----------------|
| (1) 13,56 A | (0,15) 3,9 B**b | (25) 3,7 AaB |
| | | (50) 3,58 AaB |
| | | (75) 4,05 AaB |
| | | (100) 4,27 AaB |
| | (0,25) 4,43 A**b | (25) 3,96 AaB |
| | | (50) 4,49 AaB |
| | | (75) 4,1 AaB |
| | | (100) 5,16 AaB |
| (2) 4,16 B | (0,15) 13,56 Aa | (25) 10,69 CaA |
| | | (50) 11,45 CaA |
| | | (75) 14,5 BaA |
| | | (100) 17,6 AaA |
| | (0,25) 13,57 Aa | (25) 10,98 CaA |
| | | (50) 11,9 CaA |
| | | (75) 14,2 BaA |
| | | (100) 17,21 AaA |

*Valores transformados em \sqrt{x}

** Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

- Entre ciclos, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre profundidades, no mesmo ciclo, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma profundidade, em ciclos diferentes, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, na mesma profundidade, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma solução e ciclo, em profundidades diferentes, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma solução, em ciclos diferentes, médias seguidas da mesma letra azul maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Mas, considerando a comparação entre os ciclos vegetativos, observou-se uma diferença muito significativa, confirmando a maior presença dos íons potássio no ciclo mais seco (ANEXO F). Câmara et al. (1983) justificam tal fato pela ocorrência de lixiviação dos nutrientes no período

mais chuvoso. Analisando a variação entre os níveis de solução, no ciclo mais chuvoso, a percolação dos nutrientes ocorreu de forma mais homogênea, considerando que os níveis de potássio aplicados podem ser facilmente perdidos ao longo do perfil do solo (GIANELLO et al., 1995), mesmo que na camada mais superficial (Figura 20).

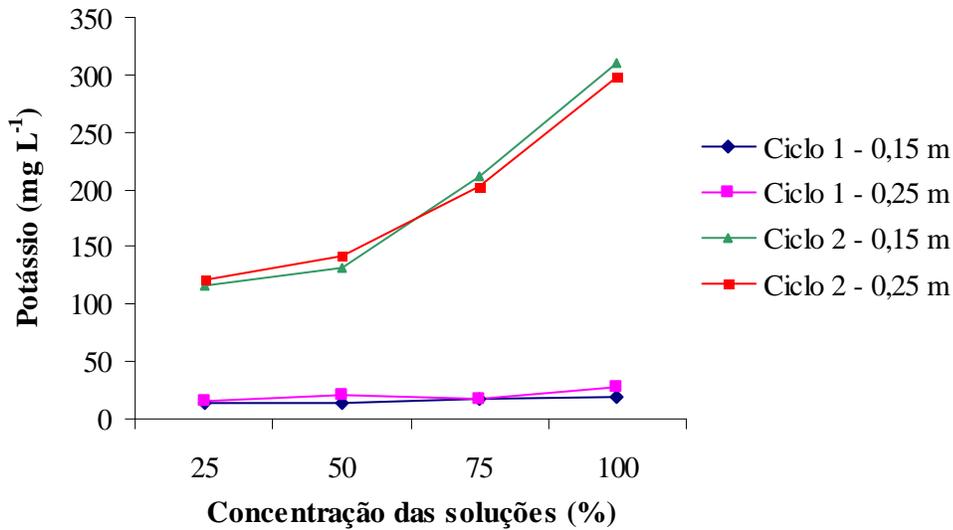


Figura 20 - Distribuição do íon potássio no solo no ambiente a céu aberto

2.6.2.4 Cálcio

No ambiente a céu aberto, da mesma forma que para o íon potássio, o principal efeito significativo ocorreu entre os ciclos vegetativos (Figura 21). Mais uma vez, o principal ponto favorável a este fato é a ocorrência de chuvas, que permite uma maior lixiviação dos nutrientes, neste caso, do íon cálcio, para as camadas mais profundas, mesmo considerando a condição de baixa mobilidade deste íon no perfil do solo (MORAES, 2007). Em relação ao fator solução, este apresentou diferenças nos níveis apenas para o período mais seco, para uma mesma profundidade (ANEXO G), confirmando a distribuição ineficiente de diferentes concentrações de cálcio num solo arenoso (Tabela 13).

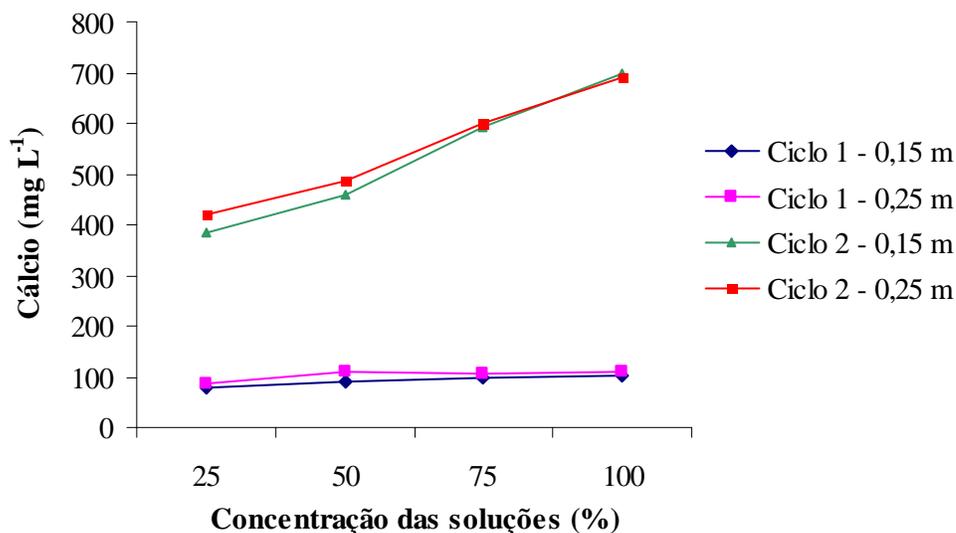


Figura 21 - Distribuição do íon cálcio no solo no ambiente a céu aberto

Tabela 13 - Valores médios de concentrações de cálcio (mg L^{-1}) nos dois ciclos de cultivo, profundidades e soluções estudadas*

| Ciclo | Profundidade (m) | Solução (%) |
|-------------|------------------|------------------|
| (1) 24,45 B | (0,15) 23,47 Ab | (25) 20,95 AaB |
| | | (50) 23,4 AaB |
| | | (75) 24,57 AaB |
| | | (100) 24,95 AaB |
| | (0,25) 25,44 Ab | (25) 22,64 AaB |
| | | (50) 26,41 AaB |
| | | (75) 25,96 AaB |
| | | (100) 26,76 AaB |
| (2) 81,46 A | (0,15) 80,56 Aa | (25) 64,27 DaA |
| | | (50) 72,93 CaA |
| | | (75) 87,2 BaA |
| | | (100) 97,85 AaA |
| | (0,25) 82,35 Aa | (25) 68,35 D**aA |
| | | (50) 75,75 C**aA |
| | | (75) 88,01 BaA |
| | | (100) 97,29 AaA |

*Valores transformados em $X^{0,7}$

** Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

- Entre ciclos, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre profundidades, no mesmo ciclo, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma profundidade, em ciclos diferentes, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, na mesma profundidade, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma solução e ciclo, em profundidades diferentes, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma solução, em ciclos diferentes, médias seguidas da mesma letra azul maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

2.6.2.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

No ambiente a céu aberto, o intervalo do menor ao maior valor de pH obtido foi menor do que o intervalo encontrado nos dois ambientes protegidos, corroborando a contradição com outros trabalhos desenvolvidos na década de 80, onde foram obtidos valores de pH em torno de 5,0. Esse aumento nos valores de pH ao longo dos ciclos (ANEXO H) também ocorreu em função da aplicação dos reagentes básicos, principalmente o que continha cálcio. Os maiores valores de pH ocorreram no primeiro ciclo vegetativo (Tabela 14), confirmando a falta de relação com a presença de nutrientes no solo, mesmo considerando o efeito das chuvas.

Tabela 14 – Valores médios de potencial hidrogeniônico nos dois ciclos de cultivo, profundidades e soluções estudadas*

| Ciclo | Profundidade (m) | Solução (%) |
|--------------|------------------|-------------------|
| (1) 101,64 A | (0,15) 101,84 Aa | (25) 105,5 AaA |
| | | (50) 96,55 AaA |
| | | (75) 101,67 AaA** |
| | | (100) 103,63 AaA |
| | (0,25) 101,45 Aa | (25) 101,43 AaA |
| | | (50) 105,32 AaA** |
| | | (75) 95,85 AaA |
| | | (100) 103,2 AaA |
| (2) 89,83 B | (0,15) 90,68 Ab | (25) 97,9 AaA |
| | | (50) 91,89 AaA |
| | | (75) 87,88 AaB** |
| | | (100) 85,08 AaB |
| | (0,25) 88,98 Ab | (25) 95,17 AaA |
| | | (50) 90,74 AaB** |
| | | (75) 85,12 AaA |
| | | (100) 84,89 AaB |

*Valores transformados em $\chi^{2,3}$

** Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

- Entre ciclos, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre profundidades, no mesmo ciclo, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma profundidade, em ciclos diferentes, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, na mesma profundidade, médias seguidas da mesma letra preta maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma solução e ciclo, em profundidades diferentes, médias seguidas da mesma letra preta minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma solução, em ciclos diferentes, médias seguidas da mesma letra azul maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

2.6.2.6 Parâmetros vegetativos

Entre os ciclos, o comportamento das plantas apresentou-se semelhante ao ocorrido nos ambientes protegidos, as quais cresceram significativamente no primeiro ciclo quando comparado ao segundo ciclo vegetativo (ANEXO I). A maior frequência de chuvas no primeiro ciclo e a reduzida densidade de fluxo radiante no segundo ciclo contribuíram para este comportamento (Tabela 15). Observou-se que, entre os diferentes lisímetros, caracterizados pelos níveis de solução, não ocorreu um crescimento diferenciado das plantas (Tabela 16).

Tabela 15 - Densidade de fluxo radiante (q_1) ao longo dos DAS, sob a condição sem cobertura plástica (ambiente a céu aberto) do primeiro (a) e segundo (b) ciclos vegetativos

| DAS | 26 | 33 | 40 | 47 | 54 | 61 | 68 | 75 | 82 | 89 | 96 | 103 | 110 |
|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| q_1 ($W m^{-2}$) (a) | 963 | 785 | 186 | 312 | 554 | 199 | 926 | 891 | 574 | 548 | 48 | 289 | 753 |
| q_1 ($W m^{-2}$) (b) | 219 | 428 | 162 | 72 | 492 | 191 | 658 | 46 | 528 | 462 | 477 | 470 | 388 |

Tabela 16 - Altura das plantas (cm) nos dois ciclos da cultura

| Ciclo | Solução (%) |
|-------------|-----------------|
| (1) 45,25 A | (25) 47,7 Aa** |
| | (50) 42,97 Aa |
| | (75) 44,16 Aa |
| | (100) 46,16 Aa |
| (2) 13,38 B | (25) 13,16 Ab** |
| | (50) 14,66 Aa |
| | (75) 11,62 Aa |
| | (100) 14,07 Aa |

** Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

- Entre ciclos, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, no mesmo ciclo, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma solução, em ciclos diferentes, médias seguidas da mesma letra azul maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

Quanto ao diâmetro de caule (ANEXO J), considerando o efeito entre os ciclos e entre os níveis de solução, o mesmo não apresentou um comportamento diferenciado (Tabela 17).

Tabela 17 - Diâmetro do caule (mm) nos dois ciclos da cultura*

| Ciclo | Solução (%) |
|------------|---------------|
| (1) 1,83 A | (25) 1,8 Aa |
| | (50) 1,83 Aa |
| | (75) 1,88 Aa |
| | (100) 1,8 Aa |
| (2) 1,7 A | (25) 1,73 Aa |
| | (50) 1,7 Aa |
| | (75) 1,7 Aa |
| | (100) 1,69 Aa |

*Valores transformados em $\chi^{0,3}$

- Entre ciclos, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, no mesmo ciclo, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma solução, em ciclos diferentes, médias seguidas da mesma letra azul maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

2.6.2.7 Produção de grãos

No parâmetro produção de grãos, considerando apenas um ambiente, foram realizadas análises estatísticas abordando até a interação de dois fatores. O fator ciclo vegetativo nesta análise não foi considerado, pois no segundo cultivo a produção de grãos foi insignificante. Observa-se que não houve variação significativa nesta análise (Tabela 18). A produtividade obtida foi de 9166,16 kg ha⁻¹, para uma lâmina de água aplicada de 1056 mm ao longo de um ciclo vegetativo. Este resultado é proporcionalmente compatível com os resultados de Rao et al. (1988) que, aplicando uma lâmina de água de 630 mm, obtiveram a produtividade do amendoim em casca de 5480 kg ha⁻¹. Em relação ao ponto de orvalho, percebeu-se uma diferença significativa entre os ciclos (Figura 22), em torno de quase 15 °C, como uma representação média dos valores. Portanto, os dados de produtividade foram reflexos desse elemento climático, sendo a produção elevada no primeiro ciclo, com temperatura média de 20,79 °C, e praticamente inexistente no segundo ciclo, com temperatura média de 6,22 °C. Segundo Ayoade (1998), temperaturas em torno de 6 °C podem ser letais para a maioria das plantas, porque o resfriamento prolongado das plantas, com temperaturas acima do ponto de congelamento, retarda o crescimento vegetal e pode até matar plantas adaptadas a condições mais quentes.

Tabela 18 – Valores médios de produção (g) de amendoim no ambiente a céu aberto em profundidades e soluções estudadas

| Profundidade (m) | Solução (%) |
|------------------|-----------------|
| (0,15) 274,45 A | (25) 282,16 Aa |
| | (50) 247,26 Aa |
| | (75) 268,8 Aa |
| | (100) 299,56 Aa |
| (0,25) 287,74 A | (25) 270,2 Aa |
| | (50) 245,43 Aa |
| | (75) 301,6 Aa |
| | (100) 333,73 Aa |

- Entre profundidades, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, na mesma profundidade, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma solução, em profundidades diferentes, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

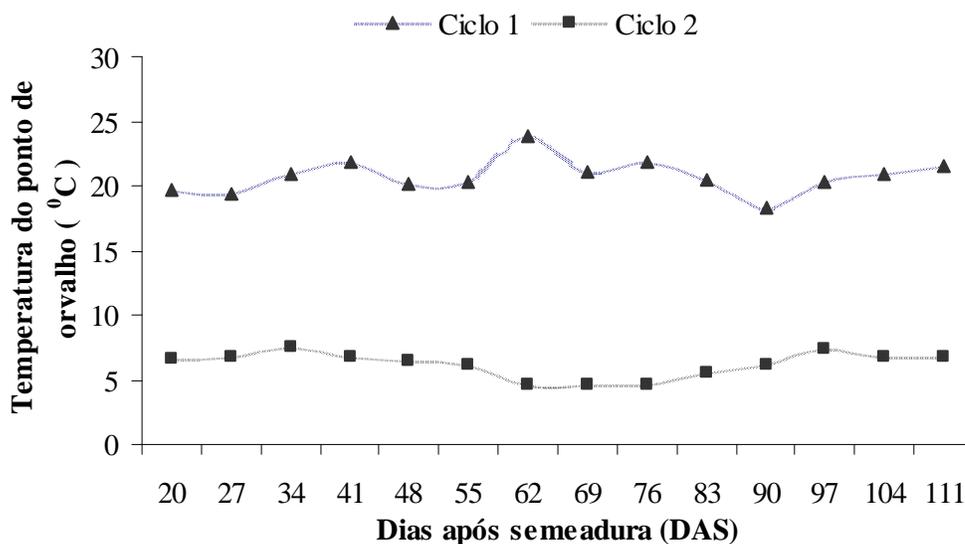


Figura 22 - Temperatura do ponto de orvalho do ambiente a céu aberto

2.6.2.8 Número de vagens

Segundo a interpretação dos dados de produção, também não ocorreu efeito significativo entre os fatores profundidade e solução, até na análise isolada dos mesmos (Tabela 19). Mas os dados de produção e número de vagens apresentaram um bom comportamento interessante, de acordo com a afirmação de Nakagawa e Rosolem (1982), resultando numa correlação de

93,85%, valor significativo para uma análise multivariada (Figura 23). Deve-se ressaltar que a figura demonstrada foi retirada diretamente do software estatístico SAS 9.1 (SAS INSTITUTE, 2004).

Tabela 19 - Número de vagens referentes ao ambiente a céu aberto

| Profundidade (m) | Solução (%) |
|-------------------------|--------------------|
| (0,15) 161,75 A | (25) 165,00 Aa |
| | (50) 137,66 Aa |
| | (75) 158,66 Aa |
| | (100) 185,66 Aa |
| (0,25) 158,41 A | (25) 148,66 Aa |
| | (50) 131,00 Aa |
| | (75) 160,66 Aa |
| | (100) 193,33 Aa |

- Entre profundidades, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Entre soluções, na mesma profundidade, médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade
- Para a mesma solução, em profundidades diferentes, médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade

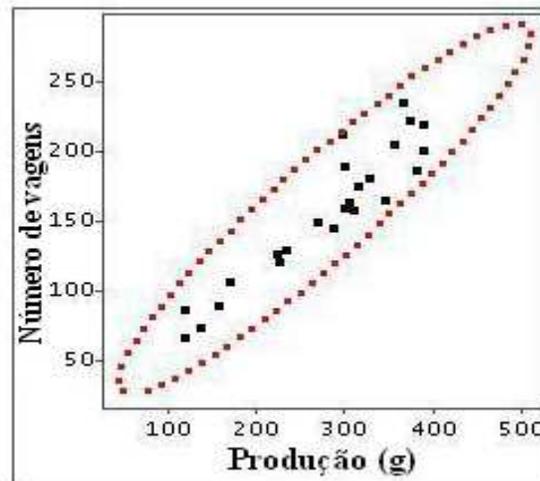


Figura 23 - Correlação entre o número de vagens e a produção no ambiente a céu aberto

2.6.3 Atividade da água nos grãos

Os resultados a seguir referem-se aos dados da atividade da água do grão do amendoim

sob os efeitos da densidade de fluxo radiante, no tocante ao primeiro ciclo vegetativo, o qual corresponde aos anseios do produtor de amendoim de uma forma generalizada, pois estes, na sua maioria, cultivam a oleaginosa no período mais chuvoso. Foram atribuídos os lisímetros com aplicação do tratamento de 25, 50, 75 e 100% das concentrações de cloreto de potássio e de fosfato de cálcio básico anidro, onde foram analisadas as três fileiras de plantas, como sendo três repetições, as quais são representadas pelas profundidades dos extratores de 0,15 m e 0,25 m. Maiores informações referentes ao comportamento da atividade da água, com as três repetições, estão apresentados nos ANEXOS K a V.

Os lisímetros 1, 5 e 9 receberam aplicação de 25% do valor exigido pela cultura para os dois nutrientes estudados. Para o lisímetro 1, a atividade da água foi obtida em função das isotermas de desorção variando de 24,2 até 25 °C. Considerando o aspecto da profundidade de instalação dos extratores, observou-se que a 0,15 m, na maioria das repetições, o grão de amendoim absorveu uma maior quantidade de água, de acordo com os pontos em destaque (Figura 24).

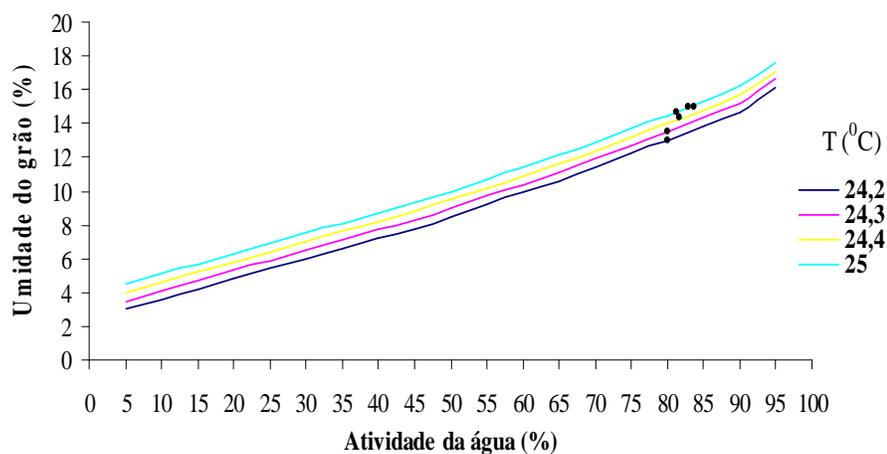


Figura 24 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 75 μ m (Lisímetro 1)

Considerando-se o efeito da aplicação ao lisímetro 5 instalado a céu aberto (Figura 25), observou-se que, em quase todas as repetições, houve uma baixa absorção de água pelo grão, nas quais o processo de secagem foi acelerado, influenciado pela incidência direta da radiação.

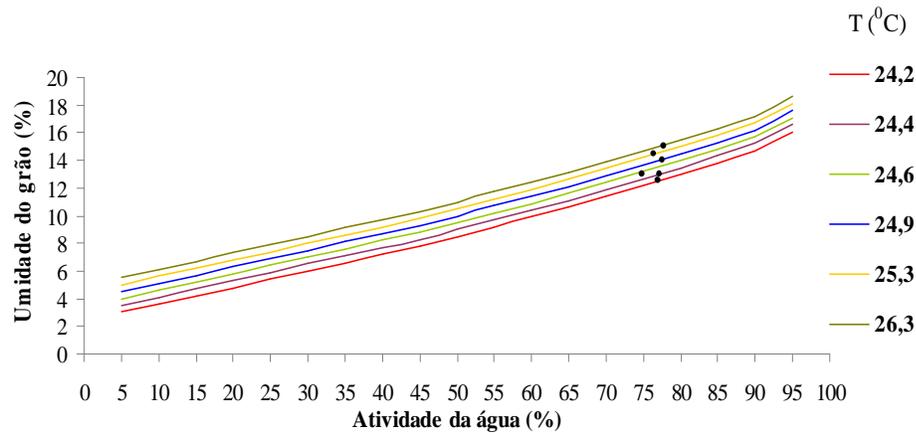


Figura 25 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do ambiente a céu aberto (Lisímetro 5)

Analisando o lisímetro 9, instalado no ambiente com filme plástico de 150 μm (Figura 26), observou-se uma menor atividade da água nos grãos de amendoim quando comparado ao ambiente com filme plástico de 75 μm . A explicação se deve à maior demanda de nutrientes pela cultura, condicionada por um microclima favorável a temperaturas mais elevadas, num ambiente mais seco, proporcionado pela maior espessura do filme plástico.

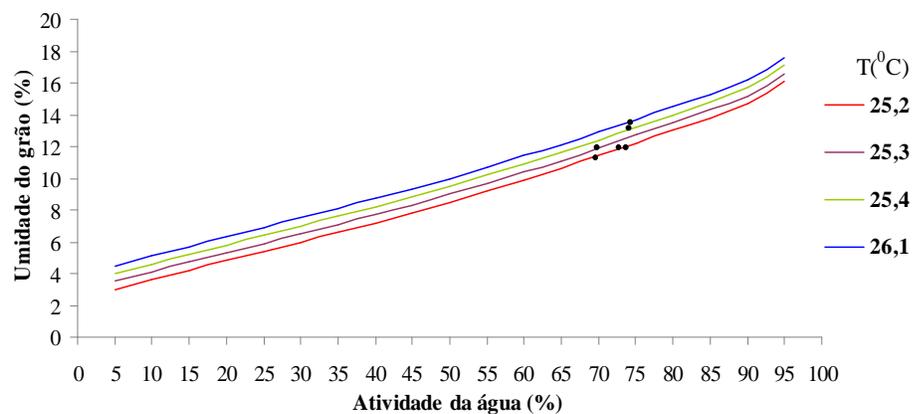


Figura 26 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 150 μm (Lisímetro 9)

Os lisímetros 2, 6 e 10 foram submetidos à aplicação de 50% da exigência nutricional da cultura em relação aos nutrientes cálcio e potássio. Quanto ao ambiente com filme plástico de 75 μm de espessura, principalmente na profundidade de 0,15 m, a variação observada nos valores da

temperatura ambiente (24,3 a 26,3 °C) não proporcionou uma oscilação muito significativa na atividade da água e o processo de secagem dos grãos não foi tão eficiente, pois, tanto na profundidade de 0,15 como na de 0,25 m, houve amostras que apresentaram altos valores de umidade (Figura 27).

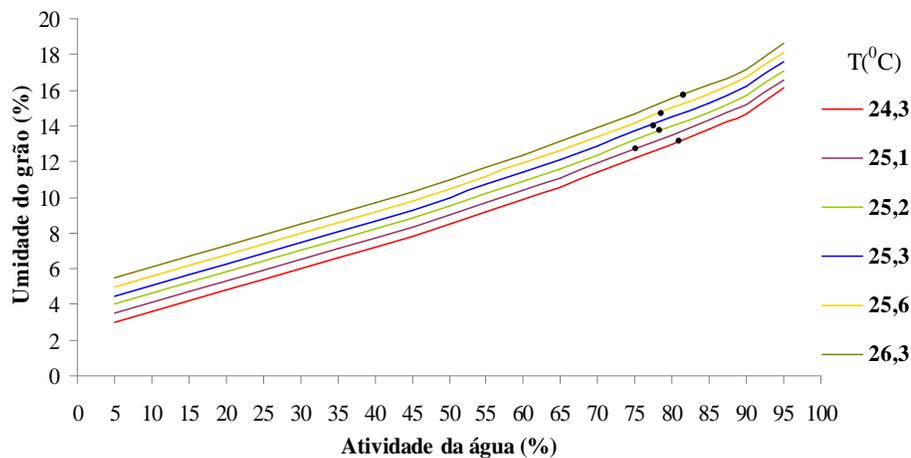


Figura 27 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 75 µm (Lisímetro 2)

No ambiente a céu aberto, dados de atividade da água como também da umidade do grão foram inferiores quando comparados ao lisímetro com aplicação de 25% da exigência nutricional (Figura 28). Isto se deve provavelmente à baixa hidratação das amostras, pois, segundo Teixeira Neto (1997), maiores cuidados devem ser concentrados na deterioração das amostras por estarem em condições de alta umidade e também porque a deterioração microbiológica altera as condições das determinações.

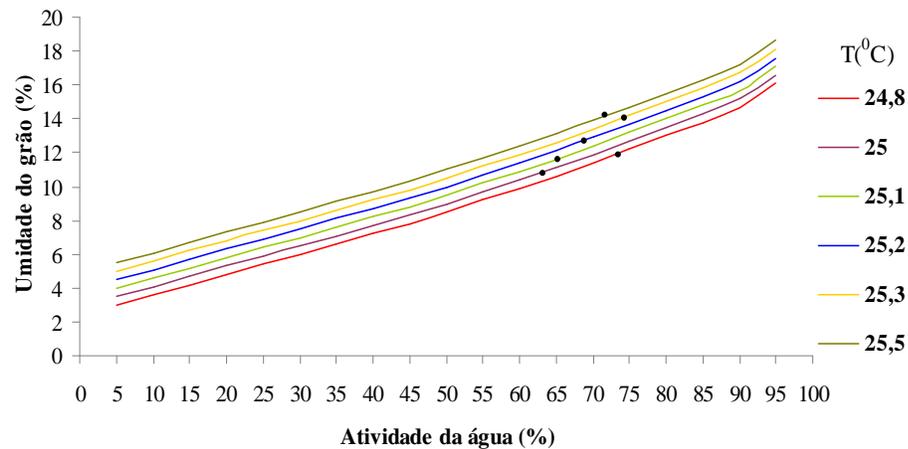


Figura 28 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do ambiente a céu aberto (Lisímetro 6)

Em relação ao ambiente de 150 μm , ocorreu a mesma situação quando se aplicou 25%, ou seja, uma menor atividade da água e umidade nos grãos de amendoim quando comparado ao ambiente com filme plástico de 75 μm (Figura 29).

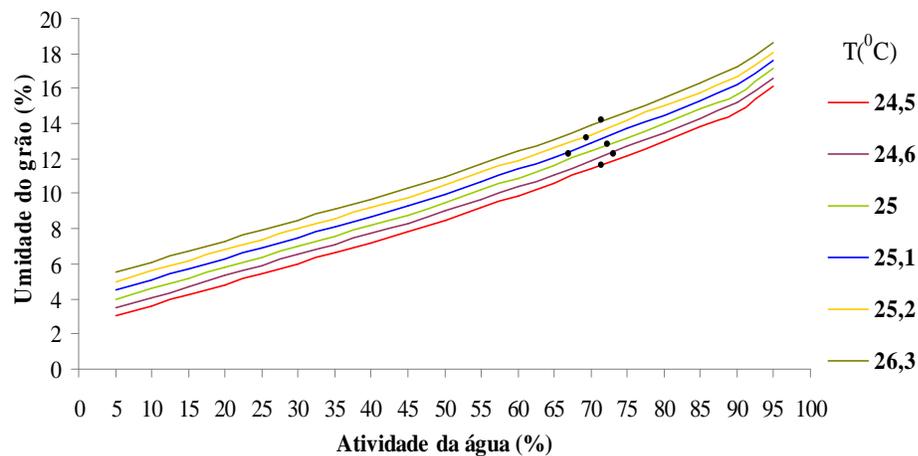


Figura 29 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 150 μm (Lisímetro 10)

Os lisímetros 3, 7 e 11 receberam a aplicação de 75% do requerimento nutricional. Em relação ao lisímetro 3, considerando a profundidade de instalação dos extratores, observou-se que a 0,25 m, nas três repetições, os grãos de amendoim absorveram menores quantidades de água, acelerando o processo de secagem, o que também ocorre com os dados de umidade do grão (Figura 30).

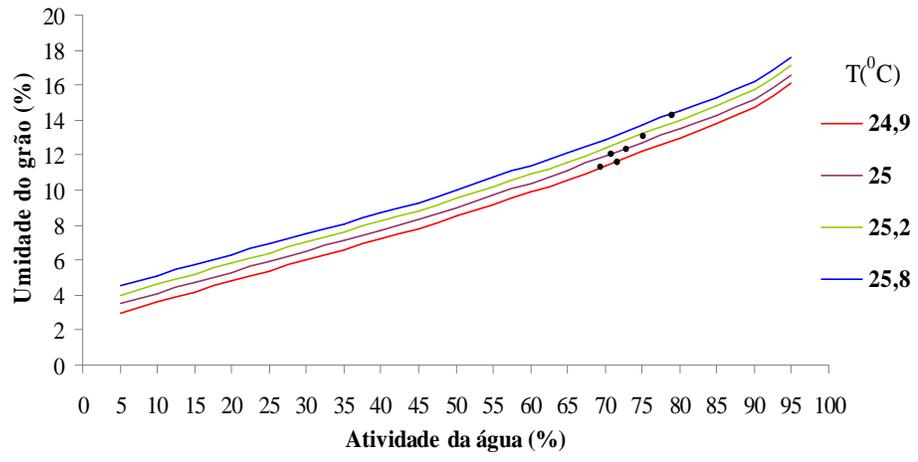


Figura 30 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 75 µm (Lisímetro 3)

Considerando o lisímetro 7 instalado a céu aberto (Figura 31), observou-se que, em todas as repetições, houve uma baixa absorção de água pelo grão, em que o processo de secagem foi acelerado, influenciado pela incidência direta da densidade de fluxo radiante (Tabela 20), sem atenuações, mesmo considerando o efeito das chuvas. Esta observação foi também confirmada nos dados de umidade do grão. Deve-se ressaltar que os resultados de densidade de fluxo radiante apresentam valores médios dos dias em questão (Tabela 20).

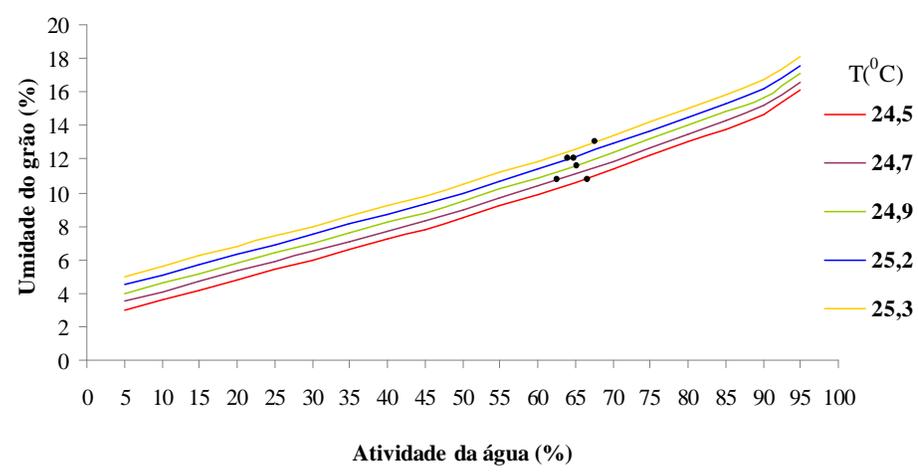


Figura 31 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do ambiente a céu aberto (Lisímetro 7)

Tabela 20 - Densidade de fluxo radiante (q_1), ao longo dos DAS, em ambiente a céu aberto e sob as condições de atenuação de 75 e 150 μm no primeiro ciclo vegetativo

| DAS | Sem cobertura plástica | Cobertura plástica (75 μm) | Cobertura plástica (150 μm) |
|-----|-----------------------------|--|---|
| | q_1 (W m^{-2}) | q_1 (W m^{-2}) | q_1 (W m^{-2}) |
| 31 | 963 | 906 | 753 |
| 38 | 785 | 634 | 548 |
| 45 | 186 | 142 | 128 |
| 52 | 312 | 204 | 172 |
| 59 | 554 | 490 | 454 |
| 66 | 199 | 185 | 180 |
| 73 | 926 | 763 | 555 |
| 80 | 891 | 833 | 743 |
| 87 | 574 | 465 | 430 |
| 94 | 548 | 183 | 182 |
| 101 | 48 | 43 | 34 |
| 108 | 289 | 232 | 225 |
| 115 | 753 | 639 | 590 |

Comparativamente ao ambiente com filme plástico de 75 μm de espessura, os menores valores de atividade da água no grão observados no ambiente com cobertura de 150 μm de espessura (Figura 32), na maioria das repetições, são devidos às altas temperaturas e aos baixos valores de umidade relativa do ar no período diurno e vice-versa para o período noturno, segundo constata Tanaka e Genta (1982).

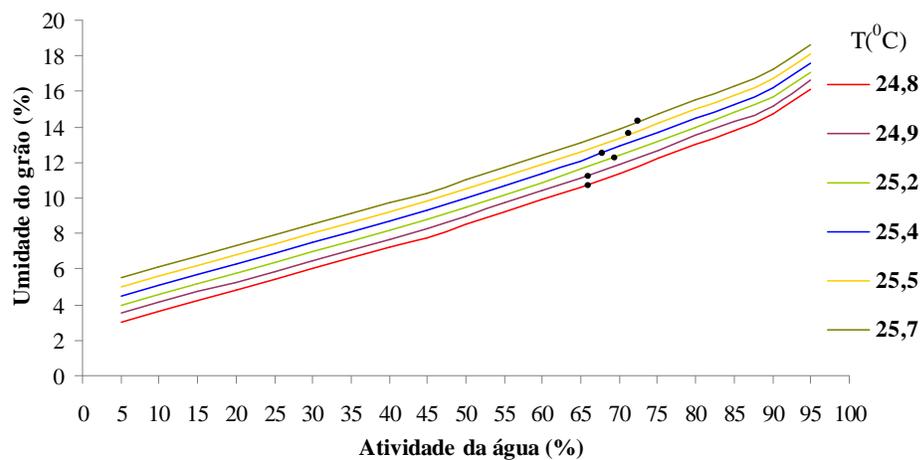


Figura 32 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 150 μm (Lisímetro 11)

Os lisímetros referentes à aplicação de 100% da exigência nutricional foram denominados 4, 8 e 12. Numa primeira análise, quanto ao efeito do ambiente com filme plástico de 75 μm (Figura 33), verificou-se nas três repetições uma grande variação tanto nos dados de atividade de água como de umidade do grão. Provavelmente, isto se deve ao manejo inadequado dos grãos considerando o processo de colheita até a condição de secagem.

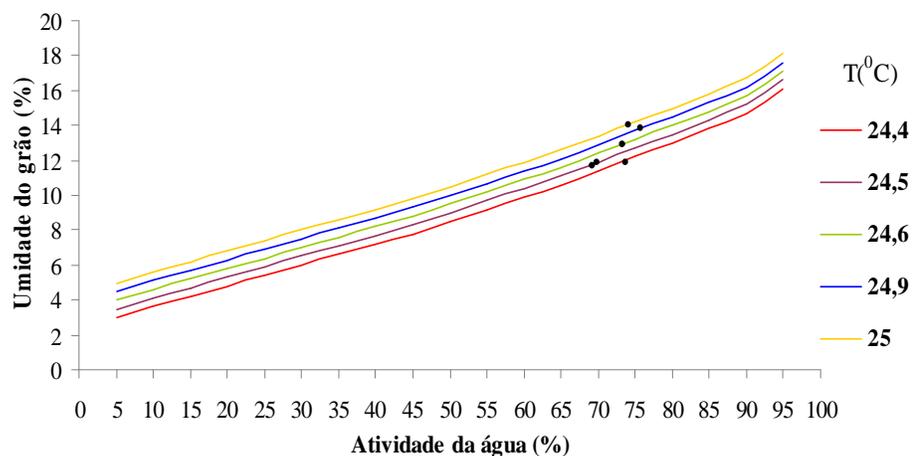


Figura 33 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 75 μm (Lisímetro 4)

No ambiente a céu aberto (Figura 34), foi mantida a observação inicial que uma menor aplicação das concentrações de cloreto de potássio e de fosfato de cálcio básico anidro proporciona maior atividade da água nos grãos de amendoim, se comparada à aplicação de 100%.

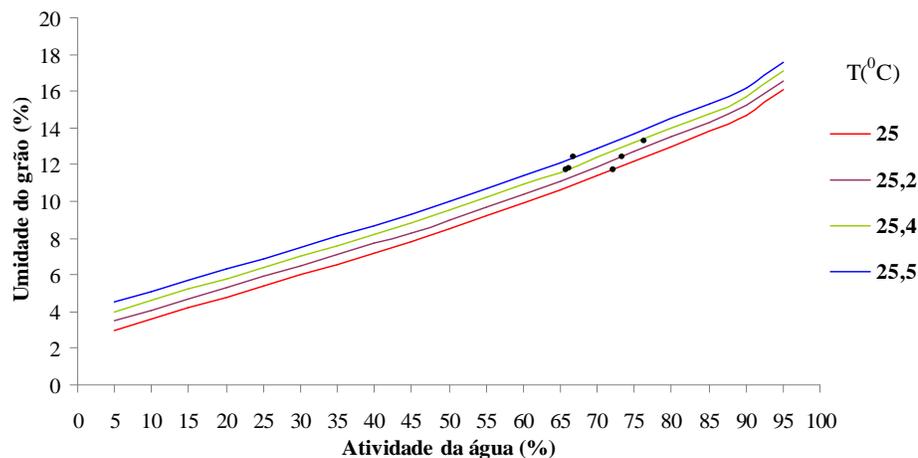


Figura 34 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do ambiente a céu aberto (Lisímetro 8)

Em relação ao ambiente com filme plástico de 150 μm , a aplicação de 100% da exigência da cultura também é condicionada a uma situação inversa, pois os menores valores da atividade da água também são atribuídos a esta aplicação, comparativamente aos outros níveis das concentrações (Figura 35). A baixa atividade higroscópica tem efeito positivo para os grãos, pois o processo de secagem se torna mais eficiente.

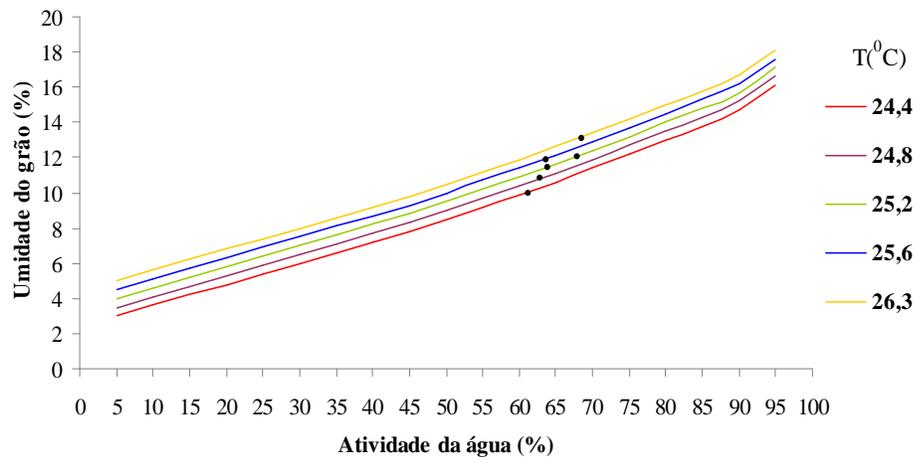


Figura 35 - Atividade da água nos grãos sob o efeito do filme plástico de 150 μm (Lisímetro 12)

Analisando o efeito das concentrações no grão do amendoim, observou-se que, na maioria das situações, a atividade da água ou umidade relativa higroscópica foi superior considerando a aplicação de 25% do requerimento nutricional, ocasionando retardamento na secagem dos grãos devido à menor aplicação de nutrientes na cultura. Esta falta de nutrientes, principalmente do potássio, comprova o que foi relatado por Câmara et al. (1983), sugerindo que a deficiência de potássio pode provocar formação de vagens com poucas sementes.

3 CONCLUSÕES

Considerando os resultados obtidos, pôde-se concluir que:

- a) O íon potássio apresentou, no ciclo mais seco, baixa mobilidade no solo para os três ambientes estudados. O íon cálcio também apresentou baixa mobilidade no solo para os três ambientes, porém, para os dois ciclos da cultura;
- b) Dos três ambientes avaliados, o mais indicado para o cultivo do amendoim é o instalado a céu aberto no ciclo mais chuvoso da cultura. Considerando somente os dois ambientes protegidos, o mais indicado para o cultivo e condução da cultura é o de 75 μm ;
- c) Os parâmetros vegetativos altura da planta e diâmetro de caule obtiveram resultados expressivos somente no primeiro ciclo da cultura e nos três ambientes avaliados;
- d) Entre os ambientes protegidos, no qual foi instalado o filme plástico de 75 μm , para obtenção de uma boa produtividade no primeiro ciclo da cultura, deve ser aplicada uma faixa média de temperatura de ponto de orvalho de 20,1⁰C. No ambiente a céu aberto, a faixa média de temperatura de ponto de orvalho deve estar em torno de 20,79⁰C para obtenção de uma boa produtividade no ciclo mais chuvoso ao passo que uma temperatura média de 6,22⁰C no ciclo mais seco torna-se um fator limitante à não realização do plantio;
- e) A melhor época para o cultivo e condução do amendoim, seja num ambiente a céu aberto como num ambiente protegido, é a denominada “amendoim das águas”, compreendida geralmente entre setembro ou outubro até fevereiro do próximo ano; e
- f) A concentração para uma aplicação ideal dos nutrientes estudados foi a de 100% da demanda requerida pela cultura, no período normal de cultivo do amendoim (ciclo chuvoso), considerando o fator pós-colheita.

REFERÊNCIAS

AGROBYTE. **Amendoim**. 1998. Disponível em:

<<http://www.agrobyte.com.br/index.php?pag=amendoim>>. Acesso em: 10 dez. 2008.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F.C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 115-123, 2004.

ARAÚJO, A.R. **Calagem e extrato vegetais hidrossolúveis na movimentação de íons em solo**. 2003. 85 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

AYOADE, J.O. O clima e a agricultura. In: _____. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 332 p.

BALDWIN, J.A.; HARRISON, K.A. Determining water use in peanut production. **Irrigation Journal**, Chicago, v. 46, n. 6, p. 18-21, 1996.

BAR-YOSEF, B. Advances in fertigation. **Advances in Agronomy**, New York, v. 65, p. 1-77, 1999.

BLAMEY, F.P.C.; CHAPMAN, J. Soil amelioration effects on peanut growth, yield and quality. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 65, p. 319-334, 1982.

BOOTE, K.J.; STANSELL, J.R.; SCHUBERT, A.M.; STONE, J.F. Irrigation, water use and water relation. In: PATEE, H.E.; YOUNG, C.T. (Ed.). **Peanut science and technology**. Texas: American Press, 1982. cap. 7, p. 164-205.

BURIOL, G.A. de; STRECK, N.A. de; PETRY, C. de. Transmissividade à radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 1-4, jan./abr. 1995.

CAIRES, E.F. **Resposta diferencial de genótipos de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) à calagem**. 1990. 114 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1990.

CÂMARA, G.M.S.; GODOY, O.P.; MARCUS FILHO, J.; FONSECA, H. Técnica cultural. In: _____. **Amendoim: produção pré-processamento e transformação agroindustrial**. Piracicaba: FEALQ, 1983. p.1-38 (Série Extensão Agrícola,3).

CARVALHO, A.C.M.G. **Desenvolvimento de um difusímetro para solos não saturados**. 2001. 210 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CLOTHIER, B.E. Solute travel times during trickle irrigation. **Water Resources Research**, Washington, v. 20, n. 12, p. 1848-1852, 1984.

COORDENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL – CATI. 2006. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 dez. 2006.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de H.R. Gheyi; A.A. de Sousa; F.A.V. Damasceno; J.F. de Medeiros. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (FAO. Irrigação e Drenagem Paper, 33).

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA – SPI, 1999. 412 p.

FACTOR, L.T.; ARAÚJO, J.A.C. de; CORTEZ, G.E.P. Comportamento da cultura do meloeiro em ambiente protegido com a utilização do filme térmico difusor de luz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 40., 2000, São Pedro. **Resumos...** São Pedro: SOB/FCAV-UNESP, 2000. p. 199-201.

FARIAS, J.R.B. de; BERGAMASCHI, H. de; MARTINS, S.R. de; BERLATO, M.A. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 31-36, jun. 1993.

FERNANDES, E.M.; ROSOLEM, C.A. Produtividade de amendoim em função da calagem e do método de secagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 11-20, jan. 1999.

GASCHO, G.J.; DAVIS, J.G. Soil fertility and plant nutrition. In: PATEE, H. E.; STALKER, H.T. (Eds.). **Advances in peanut science**. Stillwater, OK: American Peanut Research and Education Society, 1995. p. 383-419.

GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; TEDESCO, M.J. **Princípios de fertilidade do solo**. Porto Alegre: UFRGS/Departamento de Solos, 1995. 277 p.

GIRIJA, C.; SMITH, B.N. & SWAMY, P.M. Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetaine in peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Environmental Experimental Botany**, Netherlands, v. 47, n. 1, p. 1-10, Jan. 2002.

GODOY, I.J. de; MORAES, S.A.; KASAI, F.S.; MARTINS, A.L.M.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; MORAES, A.R.A.; TEIXEIRA, J.P.F. **Cultivares de amendoim IAC: novas opções para o mercado de confeitaria**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. 10 p. (Folder).

GONÇALVES, J.A.; PEIXOTO, C.P.; LEDO, C.A.S. Componentes de produção de amendoim em diferentes arranjos espaciais no Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 801-812, maio/dez. 2004.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS - IAC. **IAC-Tatu-ST: amendoim com maior produtividade**. Campinas: IAC, 2000. 52 p.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA. Amendoim: Perspectivas para a safra 2007/08. **Análise e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 2, n. 10, out. 2007.

INDRIUNAS, A. **“HowStuffWorks – Como funciona a umidade do ar”**. Publicado em 31 de julho de 2008 (atualizado em 31 de julho de 2008).

KÖPPEN, W. **Climatologia**: com un estudios de los climas de la tierra. Buenos Aires, 1931. 320 p.

LACERDA, C.F. **Efeitos da salinidade no desenvolvimento e composição mineral do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e utilização do Ca^{2+} como meio para minorar tais efeitos**. 1995. 87 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1995.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, New York, v. 1, p. 277-294, 1985.

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

MIRANDA, J.H.; DUARTE, S.N. Modelo para simulação da dinâmica de nitrato em colunas verticais de solo não saturado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 235-241, maio/ago. 2002.

MMOLAWA, K.; OR, D. Root zone solute dynamics under a drip irrigation: a review. **Plant and Soil**, Wageningen, v. 22, n. 2, p. 163-190, 2000.

MORAES, M.F. Mobilidade de íons em solo ácido com aplicação de calcário, ácido orgânico e material vegetal em superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 673-684, 2007.

MORAES, S.A. **Amendoim**: Principais doenças, manejo integrado e recomendações de controle. 2006. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/amendoim/Index.html>. Acesso em: 10 dez. 2008.

MORAES, A.R.A. **Efeito da infestação de *Enneothrips Flavens moulton* no desenvolvimento e produtividade de seis cultivares de amendoim, em condições de campo**. 2005. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, 2005.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. Correlação entre algumas características da planta da cultivar "Tatu" de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). **Ecossistema**, Campinas, v. 7, p. 5-7, 1982.

NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Miscible displacement in soils: I. Experimental Information. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 25, p.1-5, 1961.

NIELSEN, D.R.; BIGGAR, J.W. Miscible displacement: V. Exchange processes. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 27, p. 623-627, 1963.

OLIVEIRA, G.M. **Advecção sobre um Cultivo de Amendoim Irrigado**. 1998. 111 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1998.

ONSET COMPUTER CORPORATION. **BoxCar[®] Pro 4.3 User's Guide**. Bourne, Massachussets. 2002. 80 p.

QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R.; RAIJ, B. van. Efeitos da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 6, p. 189-194, 1982.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do Solo e Adubação**. Piracicaba: Editora Ceres, 1991. 343 p.

RAO, R.C.N.; SINGH, S.; SIVAKUMAR, M.V.K.; SRIVASTAVA, K.L.; WILLIAMS, J.H. Effect of water deficit at different growth phases of peanut I. Yield responses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, p. 782-786, 1985.

RAO, R.C.N.; WILLIAMS, J.H.; SIVAKUMAR, M.V.K.; WADIA, K.D.R. Effect of water deficit at different growth phases of peanut. II. Response to drought during preflowering phase. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 431-438, 1988.

ROBLEDO, F.P.; MARTIN, L.V. **Aplicación de los plásticos en la agricultura**. Madri: Mundi-Prensa, 1981. 552 p.

RODRIGUES, N.E.V. **The Interpretation of Tracer Curves in Hot Dry Rock Geothermal Reservoirs**. 1994. 106 p. Tese (Doutorado em Dinâmica de Fluidos) - Camborne School of Mines, University of Exeter, Exeter, 1994.

ROLSTON, D.E.; MILLER, R.J.; SCHULBACH, H. Management principles: fertilization. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D. **Trickle irrigation for crop production design operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. 317-344 p.

SANTIN, A.P. **Estudo da secagem da inativação de leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*)**. 1996. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

SAS Institute Inc. **The SAS System. Release 9.1.3**. Cary: SAS Institute, 2004.

SCATOLINI, M.E. **Estimativa da evapotranspiração da cultura de crisântemo em estufa a partir de elementos meteorológicos**. 1996. 64 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

SUASSUNA, T. de M.F.; SUASSUNA, N.D.; ALBUQUERQUE, F.A. **Cultivo do amendoim**. Embrapa Algodão, Sistemas de Produção, n. 7, ISSN 1678-87-10, Versão eletrônica, dez. 2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Amendoim/CultivodoAmendoim/agrotoxicos.html>. Acesso em: 10 dez. 2008.

SUASSUNA, T. de M.F.; SUASSUNA, N.D.; ALMEIDA, R.P. de; ARAÚJO, A.E. de; FONSECA, H. **Segurança e qualidade na produção primária do amendoim**. Campina Grande: EMBRAPA, set. 2005. 22 p. (Circular Técnica, 88)

TANAKA, M.; GENTA, H. **Control del medio ambiente bajo invernadero y tunel plástico**. Salto, Uruguay: Estación Experimental de Citricultura, 1982. 61 p.

TÁVORA, F.J.A.F.; MELO, F.I.O. Resposta de cultivares de amendoim a ciclos de deficiência hídrica: crescimento vegetativo, reprodutivo e relações hídricas. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 22, n. 1/2, p. 47-60, 1991.

TEIXEIRA NETO, R.O. Isotermas de sorção de umidade: técnicas de obtenção e aplicações. In: JARDIM, D.K.P.; GERMER, S.P.M. **Atividade de água em alimentos**. Campinas: Fruthotec – ITAL, 1997. cap. 6, p. 1-11.

TUBELIS, A. Estimativa da radiação solar global diária em Botucatu, SP, a partir da insolação solar diária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 53-60, 1980.

VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 5, p. 892-898, Sept./Oct. 1980.

VILLA NOVA, N.A.; SANTIAGO, A.V.; REZENDE, F.C. **Energia Solar – Aspectos físicos e de captura pela biomassa**. Piracicaba: ESALQ/USP/DCE, 2001, 20 p.

WRIGHT, G. C.; HUBICK, K. T.; FARKUHAR, G. O. Physiological analysis of peanut cultivar response of timing and duration of drought stress. **Australian Journal of Agricultural Research**, Sydney, v. 42, p. 453-70, 1991.

ZANINI, J.R. Distribuição de água e do íon K^+ no solo, aplicados por fertirrigação em gotejamento. II - Teores de K^+ no bulbo molhado. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v. 46, n. 1, p. 24-38, 1991.

ANEXOS

ANEXO A - Concentrações de potássio (mg L⁻¹) nos ambientes protegidos

| Aplicações | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| 50,0 | 81,6 | 58,3 | 38,3 | 68,3 | 31,6 | 58,3 | 45,0 | 53,3 | 48,3 | 40,0 |
| 36,6 | 81,6 | 33,3 | 35,0 | 25,0 | 28,3 | 28,3 | 21,6 | 40,0 | 36,6 | 43,3 |
| 76,6 | 70,0 | 100,0 | 55,0 | 76,6 | 85,0 | 130,0 | 78,3 | 101,6 | 63,3 | 46,6 |
| 48,3 | 91,6 | 96,6 | 33,3 | 50,0 | 40,0 | 53,3 | 35,0 | 33,3 | 38,3 | 38,3 |
| 81,6 | 75,0 | 108,3 | 83,3 | 100,0 | 61,6 | 110,0 | 66,6 | 40,0 | 43,3 | 40,0 |
| 91,6 | 50,0 | 121,6 | 81,6 | 103,3 | 105,0 | 128,3 | 86,6 | 63,3 | 45,0 | 41,6 |
| 70,0 | 106,0 | 71,6 | 93,3 | 85,0 | 68,3 | 91,6 | 58,3 | 78,3 | 41,6 | 40,0 |
| 75,0 | 110,0 | 110,0 | 80,0 | 85,0 | 66,6 | 88,3 | 75,0 | 38,3 | 33,3 | 41,6 |
| 50,0 | 98,3 | 63,3 | 58,3 | 76,6 | 58,3 | 100,0 | 51,6 | 53,3 | 65,0 | 51,6 |
| 88,3 | 100,0 | 80,0 | 96,6 | 71,6 | 121,6 | 86,6 | 140,0 | 40,0 | 86,6 | 106,6 |
| 160,0 | 173,0 | 131,6 | 158,3 | 143,3 | 178,3 | 156,6 | 196,6 | 140,0 | 163,3 | 175,0 |
| 260,0 | 225,0 | 290,0 | 253,3 | 241,6 | 216,6 | 218,3 | 238,3 | 243,3 | 236,6 | 243,3 |
| 70,0 | 88,3 | 26,6 | 81,6 | 53,3 | 91,6 | 56,6 | 61,6 | 58,3 | 56,6 | 61,6 |
| 116,6 | 86,6 | 106,6 | 103,3 | 103,3 | 126,6 | 136,6 | 108,3 | 88,3 | 85,0 | 106,6 |
| 165,0 | 155,0 | 148,6 | 156,6 | 165,0 | 175,0 | 153,3 | 138,3 | 163,3 | 131,6 | 131,6 |
| 240,0 | 205,0 | 236,6 | 263,3 | 251,6 | 250,0 | 240,0 | 238,3 | 221,6 | 260,0 | 235,0 |
| 96,6 | 65,0 | 131,6 | 60,0 | 96,6 | 98,3 | 121,6 | 96,6 | 71,6 | 48,3 | 51,6 |
| 106,6 | 85,0 | 100,0 | 66,6 | 98,3 | 91,6 | 121,6 | 66,6 | 43,3 | 41,6 | 35,0 |
| 61,6 | 73,3 | 98,3 | 58,3 | 110,0 | 65,0 | 66,6 | 43,3 | 41,6 | 40,0 | 41,6 |
| 73,3 | 46,6 | 65,0 | 48,3 | 55,0 | 43,3 | 46,6 | 38,3 | 31,6 | 33,3 | 31,6 |
| 46,6 | 46,6 | 73,3 | 30,0 | 43,3 | 36,6 | 45,0 | 35,0 | 41,6 | 36,6 | 38,3 |
| 68,3 | 60,0 | 101,6 | 55,0 | 68,3 | 75,0 | 93,3 | 51,6 | 56,6 | 46,6 | 35,0 |
| 83,3 | 68,3 | 88,3 | 75,0 | 111,6 | 66,6 | 78,3 | 55,0 | 50,0 | 36,6 | 45,0 |
| 46,6 | 78,3 | 76,6 | 56,6 | 83,3 | 63,3 | 61,6 | 53,3 | 43,3 | 36,6 | 33,3 |
| 81,6 | 70,0 | 60,0 | 40,0 | 58,3 | 40,0 | 53,3 | 40,0 | 93,3 | 66,6 | 81,6 |
| 158,3 | 106,0 | 76,6 | 98,3 | 141,6 | 83,3 | 120,0 | 125,0 | 130,0 | 105,0 | 106,6 |
| 161,6 | 176,0 | 160,0 | 161,6 | 161,6 | 146,6 | 161,6 | 140,0 | 126,6 | 130,0 | 113,3 |
| 228,3 | 278,0 | 246,6 | 235,0 | 235,0 | 246,6 | 248,3 | 243,3 | 245,0 | 240,0 | 278,3 |
| 45,0 | 50,0 | 46,6 | 53,3 | 60,0 | 50,0 | 46,6 | 35,0 | 41,6 | 40,0 | 43,3 |
| 141,6 | 95,0 | 133,3 | 110,0 | 101,6 | 91,6 | 85,0 | 86,6 | 123,3 | 98,3 | 90,0 |
| 165,0 | 113,0 | 180,0 | 173,3 | 121,6 | 196,6 | 141,6 | 170,0 | 136,6 | 136,6 | 130,0 |
| 266,6 | 253,0 | 215,0 | 258,3 | 241,6 | 236,6 | 221,6 | 241,6 | 230,0 | 223,3 | 258,3 |

ANEXO B - Concentrações de cálcio (mg L⁻¹) nos ambientes protegidos

| Aplicações | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| 100,6 | 95,8 | 94,8 | 74,3 | 115,8 | 136,8 | 183,8 | 120,8 | 134,5 | 136,5 | 120,6 |
| 114,3 | 181,0 | 156,0 | 83,5 | 150,5 | 136,3 | 174,5 | 148,6 | 177,6 | 195,1 | 201,3 |
| 188,6 | 137,3 | 215,0 | 83,6 | 166,1 | 161,5 | 210,8 | 148,5 | 179,6 | 152,0 | 129,3 |
| 147,6 | 140,0 | 213,5 | 135,0 | 191,3 | 199,3 | 139,1 | 211,1 | 221,1 | 166,5 | 178,8 |
| 119,6 | 105,3 | 157,6 | 118,8 | 176,3 | 130,0 | 168,5 | 99,0 | 123,1 | 390,0 | 361,6 |
| 171,3 | 135,8 | 244,6 | 171,3 | 212,8 | 252,0 | 262,5 | 199,8 | 203,3 | 180,5 | 174,5 |
| 172,1 | 173,0 | 195,5 | 217,6 | 175,8 | 196,0 | 213,3 | 152,5 | 195,1 | 144,3 | 110,6 |
| 133,3 | 128,6 | 258,3 | 127,0 | 164,3 | 159,1 | 168,3 | 147,8 | 155,6 | 123,1 | 150,0 |
| 303,6 | 316,0 | 342,0 | 291,6 | 383,3 | 403,3 | 381,6 | 353,3 | 390,0 | 298,3 | 368,3 |
| 433,5 | 427,5 | 471,6 | 413,3 | 348,3 | 390,0 | 465,0 | 441,6 | 443,3 | 430,0 | 448,3 |
| 512,3 | 545,8 | 513,3 | 510,0 | 520,0 | 496,6 | 490,0 | 541,6 | 503,3 | 523,3 | 556,6 |
| 617,6 | 577,8 | 595,8 | 595,0 | 600,0 | 600,0 | 616,6 | 630,0 | 601,6 | 638,3 | 616,6 |
| 331,1 | 320,8 | 298,3 | 360,0 | 368,3 | 405,0 | 418,3 | 373,3 | 390,0 | 361,6 | 336,6 |
| 400,0 | 395,0 | 438,3 | 405,0 | 430,0 | 446,6 | 456,6 | 398,3 | 401,6 | 405,0 | 475,0 |
| 525,6 | 505,0 | 560,0 | 521,6 | 511,6 | 506,6 | 543,3 | 510,0 | 551,6 | 576,6 | 518,3 |
| 618,8 | 581,6 | 651,6 | 611,6 | 633,3 | 611,6 | 631,6 | 661,6 | 641,6 | 663,3 | 656,6 |
| 196,5 | 172,3 | 176,3 | 89,0 | 127,5 | 168,3 | 177,3 | 178,1 | 186,3 | 189,5 | 187,1 |
| 205,3 | 184,5 | 180,1 | 196,5 | 161,0 | 197,0 | 176,1 | 183,3 | 183,5 | 251,6 | 153,6 |
| 185,8 | 136,6 | 215,3 | 123,1 | 185,8 | 202,1 | 163,1 | 201,1 | 205,1 | 153,0 | 222,3 |
| 193,3 | 182,1 | 168,0 | 91,8 | 178,1 | 162,6 | 217,1 | 196,0 | 218,8 | 231,1 | 120,8 |
| 168,0 | 178,5 | 159,8 | 159,3 | 265,0 | 142,6 | 145,8 | 167,0 | 115,8 | 211,1 | 194,6 |
| 203,6 | 204,6 | 179,1 | 125,1 | 166,8 | 234,1 | 222,6 | 175,0 | 122,8 | 194,1 | 162,5 |
| 163,5 | 164,3 | 151,0 | 56,3 | 212,5 | 191,3 | 229,8 | 210,1 | 174,0 | 234,6 | 196,1 |
| 247,5 | 244,1 | 189,1 | 120,6 | 182,3 | 132,0 | 199,1 | 198,8 | 179,3 | 178,6 | 156,6 |
| 348,3 | 372,1 | 370,0 | 331,6 | 443,3 | 483,3 | 455,0 | 421,6 | 390,0 | 365,0 | 353,3 |
| 450,6 | 428,5 | 459,3 | 356,6 | 455,0 | 458,3 | 455,0 | 391,6 | 421,6 | 438,3 | 446,6 |
| 517,3 | 549,8 | 505,0 | 430,0 | 513,3 | 516,6 | 543,3 | 511,6 | 538,3 | 531,6 | 573,3 |
| 661,1 | 583,1 | 633,3 | 630,0 | 620,0 | 613,3 | 648,3 | 620,0 | 628,3 | 678,3 | 663,3 |
| 328,3 | 345,6 | 346,6 | 321,6 | 426,6 | 443,3 | 463,3 | 410,0 | 355,0 | 396,6 | 366,6 |
| 470,0 | 403,3 | 474,3 | 378,3 | 431,6 | 475,0 | 483,3 | 440,0 | 411,6 | 421,6 | 461,6 |
| 564,8 | 529,3 | 511,6 | 436,6 | 540,0 | 551,6 | 525,0 | 553,3 | 500,0 | 565,0 | 556,6 |
| 631,8 | 608,3 | 665,0 | 618,3 | 636,6 | 625,0 | 605,0 | 618,3 | 613,3 | 643,3 | 640,0 |

ANEXO C - Potencial hidrogeniônico (pH) nos ambientes protegidos

| Aplicações | | | | | | | | | | |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| 6,9 | 7,6 | 7,0 | 7,4 | 7,3 | 7,1 | 7,2 | 7,1 | 7,2 | 7,0 | 7,1 |
| 6,9 | 7,6 | 6,9 | 7,0 | 7,1 | 7,0 | 7,0 | 7,1 | 7,0 | 6,9 | 6,9 |
| 6,0 | 7,5 | 6,7 | 7,2 | 7,0 | 7,2 | 7,1 | 7,2 | 7,1 | 7,1 | 7,0 |
| 6,2 | 7,9 | 7,0 | 7,3 | 7,2 | 7,5 | 7,4 | 7,4 | 7,3 | 7,3 | 7,1 |
| 6,9 | 7,6 | 7,1 | 7,3 | 7,4 | 7,2 | 7,3 | 7,2 | 7,3 | 7,1 | 7,1 |
| 6,7 | 7,4 | 6,9 | 6,8 | 7,1 | 7,0 | 7,0 | 6,9 | 6,9 | 6,8 | 6,8 |
| 7,1 | 7,6 | 7,0 | 7,2 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,2 | 7,0 |
| 7,1 | 7,6 | 6,8 | 7,6 | 7,2 | 7,4 | 7,3 | 7,3 | 7,2 | 7,3 | 7,2 |
| 6,6 | 7,0 | 7,0 | 7,6 | 6,6 | 7,5 | 7,9 | 7,5 | 7,3 | 6,6 | 7,8 |
| 6,9 | 6,2 | 6,3 | 7,1 | 6,3 | 7,0 | 7,1 | 7,0 | 7,1 | 6,9 | 7,4 |
| 6,4 | 6,5 | 6,5 | 7,1 | 6,2 | 7,0 | 7,0 | 6,9 | 7,2 | 7,1 | 7,3 |
| 6,4 | 6,7 | 6,9 | 7,3 | 6,5 | 7,3 | 7,1 | 7,1 | 7,3 | 7,1 | 7,1 |
| 6,6 | 6,8 | 6,8 | 7,3 | 6,5 | 7,4 | 7,7 | 7,4 | 7,2 | 7,0 | 7,7 |
| 6,5 | 6,6 | 6,3 | 7,0 | 6,2 | 6,9 | 7,0 | 6,9 | 6,9 | 6,8 | 7,3 |
| 7,0 | 6,6 | 6,4 | 7,1 | 6,1 | 6,9 | 7,0 | 6,9 | 7,3 | 7,0 | 7,2 |
| 7,0 | 6,9 | 7,0 | 7,4 | 6,7 | 7,4 | 7,3 | 7,2 | 7,5 | 7,2 | 7,4 |
| 6,1 | 7,4 | 6,9 | 6,9 | 7,4 | 7,2 | 7,3 | 7,1 | 7,2 | 7,0 | 7,2 |
| 6,8 | 7,7 | 7,2 | 7,1 | 7,7 | 7,6 | 7,6 | 7,6 | 7,5 | 7,5 | 7,2 |
| 6,8 | 7,4 | 6,8 | 7,0 | 7,1 | 7,2 | 7,1 | 7,1 | 7,0 | 7,0 | 6,9 |
| 6,8 | 7,8 | 6,9 | 7,0 | 7,5 | 7,5 | 7,4 | 7,3 | 7,3 | 7,2 | 7,2 |
| 7,4 | 7,5 | 7,1 | 6,9 | 7,4 | 7,2 | 7,3 | 7,2 | 7,2 | 7,1 | 6,9 |
| 6,7 | 8,0 | 6,9 | 7,3 | 7,4 | 7,5 | 7,4 | 7,4 | 7,3 | 7,3 | 7,5 |
| 7,1 | 7,5 | 6,8 | 6,8 | 7,2 | 7,0 | 7,1 | 6,9 | 7,0 | 6,8 | 6,9 |
| 7,2 | 7,6 | 7,1 | 7,4 | 7,5 | 7,4 | 7,4 | 7,3 | 7,3 | 7,2 | 7,2 |
| 6,1 | 6,5 | 6,3 | 6,1 | 6,8 | 7,0 | 6,1 | 6,1 | 7,1 | 7,1 | 7,2 |
| 6,8 | 6,7 | 6,8 | 6,4 | 7,2 | 7,2 | 6,2 | 6,1 | 7,2 | 7,1 | 7,3 |
| 6,4 | 6,7 | 6,6 | 6,3 | 7,0 | 7,1 | 6,2 | 6,2 | 7,2 | 7,2 | 7,2 |
| 6,5 | 6,8 | 6,8 | 6,5 | 7,2 | 7,2 | 6,4 | 6,4 | 7,4 | 7,4 | 7,4 |
| 6,8 | 6,2 | 6,4 | 6,0 | 6,8 | 6,9 | 6,0 | 6,0 | 7,1 | 7,0 | 7,2 |
| 6,6 | 6,8 | 7,0 | 6,4 | 7,1 | 7,2 | 6,3 | 6,2 | 7,3 | 7,2 | 7,4 |
| 6,8 | 6,6 | 6,7 | 6,4 | 7,0 | 7,1 | 6,2 | 6,2 | 7,3 | 7,3 | 7,3 |
| 6,7 | 6,5 | 6,8 | 6,5 | 7,2 | 7,2 | 6,3 | 6,4 | 7,3 | 7,3 | 7,3 |

ANEXO D - Altura das plantas (cm) nos ambientes protegidos*

| Período (DAS) | | | | |
|----------------------|-------------|-------------|--------------|--|
| (30) | (60) | (80) | (100) | |
| 4,04 | 6,84 | 7,9 | 7,95 | |
| 4,6 | 7,24 | 8,1 | 8,2 | |
| 4,53 | 7,11 | 7,71 | 7,77 | |
| 4,12 | 6,68 | 7,48 | 7,61 | |
| 3,38 | 5,06 | 5,47 | 6,32 | |
| 3,65 | 5,14 | 5,49 | 6,28 | |
| 3,78 | 5,16 | 5,59 | 6,23 | |
| 3,4 | 4,68 | 5,01 | 5,74 | |
| 4,37 | 6,4 | 6,89 | 7,05 | |
| 4,01 | 6,35 | 7,42 | 7,45 | |
| 4,28 | 6,67 | 7,02 | 7,14 | |
| 3,76 | 6,38 | 6,91 | 7,03 | |
| 3,53 | 4,54 | 4,96 | 5,75 | |
| 3,53 | 4,89 | 5,38 | 6,22 | |
| 3,36 | 4,82 | 5,01 | 5,91 | |
| 3,32 | 4,78 | 5,28 | 5,99 | |

*Valores transformados em \sqrt{x}

ANEXO E - Diâmetro de caule (mm) nos ambientes protegidos*

| Período (DAS) | | | | |
|----------------------|-------------|-------------|--------------|--|
| (30) | (60) | (80) | (100) | |
| 1,95 | 2,67 | 2,82 | 3,17 | |
| 2,07 | 2,89 | 3,08 | 3,3 | |
| 1,84 | 2,78 | 3,13 | 3,21 | |
| 1,96 | 2,72 | 2,82 | 3,01 | |
| 2,48 | 2,75 | 2,93 | 3,15 | |
| 2,29 | 2,89 | 3,12 | 3,24 | |
| 2,28 | 2,69 | 3,19 | 3,35 | |
| 2,39 | 2,88 | 3,24 | 3,32 | |
| 2,07 | 2,56 | 2,69 | 2,95 | |
| 1,88 | 2,52 | 2,71 | 2,84 | |
| 2,08 | 3,06 | 3,18 | 3,3 | |
| 2,14 | 3,03 | 3,11 | 3,23 | |
| 2,22 | 2,65 | 3,02 | 3,12 | |
| 2,47 | 2,63 | 3,02 | 3,19 | |
| 2,29 | 2,85 | 3,04 | 3,11 | |
| 2,53 | 2,77 | 3,17 | 3,36 | |

*Valores transformados em \sqrt{x}

ANEXO F - Concentrações de potássio (mg L⁻¹) no ambiente a céu aberto*

| Aplicações | | | | | | | | | | |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| 4,8 | 5,4 | 3,1 | 2,7 | 3,8 | 3,5 | 3,8 | 2,8 | 3,6 | 3,1 | 4,2 |
| 4,8 | 5,4 | 3,1 | 2,5 | 3,1 | 2,7 | 4,2 | 3,9 | 3,0 | 2,7 | 4,0 |
| 5,2 | 5,7 | 3,3 | 3,0 | 3,8 | 3,9 | 4,2 | 3,9 | 4,2 | 3,6 | 3,8 |
| 4,4 | 5,6 | 3,8 | 3,5 | 4,2 | 3,5 | 4,0 | 4,6 | 4,2 | 4,6 | 4,6 |
| 4,9 | 4,6 | 4,3 | 3,5 | 4,4 | 2,7 | 4,9 | 3,2 | 4,2 | 3,3 | 3,6 |
| 5,4 | 5,3 | 4,7 | 4,2 | 4,0 | 3,5 | 4,6 | 4,9 | 4,6 | 3,6 | 4,6 |
| 4,1 | 5,0 | 4,6 | 3,0 | 4,0 | 3,0 | 4,0 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,8 |
| 4,5 | 5,9 | 5,8 | 4,9 | 4,9 | 4,6 | 5,2 | 5,2 | 4,9 | 5,2 | 5,7 |
| 7,9 | 11,5 | 10,9 | 7,7 | 11,0 | 10,9 | 10,8 | 11,8 | 11,9 | 11,6 | 11,6 |
| 9,4 | 11,6 | 11,3 | 12,7 | 11,5 | 11,7 | 11,6 | 11,1 | 11,7 | 11,8 | 11,3 |
| 12,7 | 12,2 | 14,3 | 15,0 | 14,7 | 14,6 | 14,6 | 15,3 | 15,5 | 15,4 | 15,2 |
| 17,4 | 17,3 | 17,0 | 17,9 | 17,6 | 17,1 | 16,0 | 18,3 | 18,3 | 18,3 | 18,4 |
| 9,7 | 13,2 | 10,2 | 10,0 | 10,2 | 9,9 | 11,0 | 11,6 | 11,7 | 11,6 | 11,7 |
| 11,9 | 11,1 | 11,6 | 13,5 | 12,0 | 12,1 | 11,9 | 11,8 | 11,4 | 11,9 | 11,7 |
| 13,4 | 12,5 | 13,6 | 14,2 | 13,5 | 13,8 | 13,6 | 15,5 | 15,3 | 15,4 | 15,5 |
| 15,8 | 17,8 | 16,6 | 18,0 | 16,2 | 16,2 | 16,0 | 17,7 | 18,3 | 18,4 | 18,4 |

*Valores transformados em \sqrt{x} ANEXO G - Concentrações de cálcio (mg L⁻¹) no ambiente a céu aberto

| Aplicações | | | | | | | | | | |
|------------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| 18,0 | 20,6 | 12,1 | 11,1 | 25,8 | 21,5 | 25,4 | 23,4 | 25,1 | 23,3 | 24,2 |
| 19,7 | 20,4 | 12,5 | 14,5 | 24,7 | 23,1 | 28,8 | 25,2 | 27,7 | 29,9 | 30,9 |
| 19,5 | 24,3 | 20,4 | 12,9 | 26,0 | 23,3 | 32,3 | 25,6 | 27,7 | 29,8 | 28,5 |
| 23,4 | 23,1 | 14,1 | 13,1 | 26,8 | 23,9 | 29,2 | 29,3 | 30,8 | 31,4 | 29,4 |
| 19,1 | 21,0 | 17,8 | 17,4 | 26,5 | 22,8 | 27,2 | 24,0 | 25,9 | 22,1 | 25,3 |
| 19,4 | 21,1 | 22,3 | 18,9 | 28,2 | 25,4 | 28,3 | 31,5 | 31,7 | 27,8 | 36,0 |
| 23,8 | 18,3 | 26,2 | 16,5 | 27,6 | 26,1 | 30,3 | 27,3 | 28,9 | 28,4 | 32,2 |
| 19,9 | 22,4 | 27,1 | 14,3 | 28,1 | 28,5 | 31,6 | 29,7 | 31,5 | 29,9 | 31,4 |
| 61,6 | 58,5 | 65,4 | 66,8 | 56,2 | 65,8 | 70,4 | 72,3 | 64,3 | 64,6 | 61,1 |
| 70,2 | 72,3 | 73,1 | 77,4 | 68,9 | 71,9 | 68,3 | 75,1 | 77,3 | 70,6 | 77,2 |
| 89,4 | 83,6 | 89,5 | 79,2 | 91,4 | 88,8 | 87,5 | 87,3 | 83,7 | 89,9 | 89,0 |
| 98,8 | 92,8 | 99,3 | 98,8 | 98,3 | 98,2 | 100,3 | 97,4 | 101,1 | 93,7 | 97,7 |
| 61,8 | 75,4 | 71,5 | 65,8 | 69,8 | 69,9 | 72,2 | 59,9 | 69,9 | 74,9 | 60,8 |
| 77,1 | 69,1 | 74,9 | 77,2 | 77,3 | 77,4 | 80,9 | 70,2 | 70,6 | 79,2 | 79,4 |
| 86,1 | 87,9 | 88,8 | 87,8 | 96,2 | 85,4 | 88,2 | 84,4 | 86,4 | 87,8 | 89,2 |
| 97,6 | 101,6 | 96,9 | 96,7 | 101,0 | 96,2 | 93,9 | 92,7 | 97,4 | 98,3 | 97,9 |

*Valores transformados em $x^{0,7}$

ANEXO H - Potencial hidrogeniônico (pH) no ambiente a céu aberto*

| Aplicações | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) | (11) |
| 97,8 | 121,7 | 103,0 | 109,1 | 112,8 | 106,8 | 106,2 | 102,8 | 101,7 | 98,8 | 99,9 |
| 97,9 | 111,8 | 91,7 | 93,7 | 102,2 | 97,1 | 98,7 | 92,8 | 93,9 | 90,8 | 91,5 |
| 107,7 | 116,5 | 99,8 | 102,3 | 100,0 | 101,5 | 98,4 | 102,1 | 97,9 | 97,2 | 95,0 |
| 89,8 | 117,8 | 98,6 | 98,5 | 110,0 | 107,9 | 107,8 | 104,4 | 104,2 | 100,7 | 100,3 |
| 89,8 | 117,8 | 106,2 | 108,8 | 101,0 | 103,4 | 99,0 | 102,1 | 96,6 | 96,9 | 94,2 |
| 95,8 | 120,2 | 105,7 | 96,4 | 108,8 | 108,1 | 107,6 | 106,1 | 105,5 | 102,5 | 101,9 |
| 85,2 | 109,2 | 93,2 | 95,6 | 100,6 | 96,7 | 96,9 | 95,2 | 95,9 | 92,5 | 93,4 |
| 96,9 | 116,2 | 107,1 | 94,5 | 103,3 | 106,0 | 103,9 | 104,2 | 102,1 | 101,8 | 99,2 |
| 81,7 | 93,3 | 95,3 | 89,5 | 82,7 | 107,1 | 103,5 | 102,2 | 109,3 | 105,1 | 107,2 |
| 84,2 | 86,2 | 85,5 | 88,4 | 74,1 | 98,6 | 97,2 | 95,6 | 103,1 | 96,6 | 101,3 |
| 91,4 | 77,7 | 82,5 | 93,2 | 88,1 | 94,4 | 68,1 | 72,0 | 104,5 | 96,7 | 98,1 |
| 75,6 | 79,0 | 80,4 | 90,3 | 92,9 | 91,9 | 66,7 | 67,9 | 101,4 | 93,7 | 96,1 |
| 83,8 | 92,8 | 92,5 | 76,0 | 80,4 | 104,6 | 101,2 | 99,6 | 108,0 | 103,5 | 104,5 |
| 82,4 | 83,0 | 83,4 | 89,0 | 73,5 | 96,6 | 95,3 | 94,1 | 103,3 | 97,2 | 100,4 |
| 75,4 | 75,9 | 79,4 | 90,2 | 85,6 | 93,2 | 68,0 | 71,2 | 104,1 | 96,9 | 96,5 |
| 88,8 | 80,5 | 78,9 | 87,4 | 88,7 | 89,2 | 65,4 | 66,9 | 100,0 | 93,3 | 94,7 |

*Valores transformados em $X^{2,3}$

ANEXO I - Altura das plantas (cm) no ambiente a céu aberto

| Período (DAS) | | | |
|---------------|-------|-------|-------|
| (30) | (60) | (80) | (100) |
| 15,66 | 51,83 | 60,5 | 62,83 |
| 17,0 | 43,16 | 54,33 | 57,4 |
| 16,0 | 45,83 | 54,5 | 60,33 |
| 17,83 | 48,16 | 58,33 | 60,33 |
| 7,66 | 12,5 | 14,0 | 18,5 |
| 8,66 | 11,83 | 16,33 | 21,83 |
| 8,0 | 10,66 | 11,33 | 16,5 |
| 8,16 | 12,16 | 14,83 | 21,16 |

ANEXO J - Diâmetro de caule (mm) no ambiente a céu aberto*

| Período (DAS) | | | |
|----------------------|-------------|-------------|--------------|
| (30) | (60) | (80) | (100) |
| 1,52 | 1,83 | 1,89 | 1,99 |
| 1,54 | 1,85 | 1,96 | 2,00 |
| 1,51 | 1,96 | 2,01 | 2,04 |
| 1,51 | 1,84 | 1,91 | 1,97 |
| 1,49 | 1,77 | 1,81 | 1,85 |
| 1,42 | 1,69 | 1,82 | 1,87 |
| 1,51 | 1,63 | 1,81 | 1,87 |
| 1,52 | 1,65 | 1,75 | 1,84 |

*Valores transformados em $X^{0,3}$

ANEXO K – Dados referentes ao lisímetro 1, no ambiente com filme plástico de 75 µm

| Profundidade dos extratores | Atividade da água | Umidade do grão | Temperatura ambiente |
|------------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|
| (m) | (%) | (%) | (°C) |
| 0,15 | 82,9 | 15 | 25 |
| 0,25 | 81,3 | 14,7 | 25 |
| 0,15 | 83,7 | 15 | 25 |
| 0,25 | 80 | 13 | 24,2 |
| 0,15 | 80,6 | 13,5 | 24,3 |
| 0,25 | 81,7 | 14,3 | 24,4 |

ANEXO L - Dados referentes ao lisímetro 5, no ambiente a céu aberto

| Profundidade dos extratores | Atividade da água | Umidade do grão | Temperatura ambiente |
|------------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|
| (m) | (%) | (%) | (°C) |
| 0,15 | 77,7 | 15 | 26,3 |
| 0,25 | 76,4 | 14,5 | 25,3 |
| 0,15 | 77,5 | 14 | 24,9 |
| 0,25 | 77,2 | 13 | 24,4 |
| 0,15 | 77 | 12,5 | 24,2 |
| 0,25 | 74,9 | 13 | 24,6 |

ANEXO M - Dados referentes ao lisímetro 9, no ambiente com filme plástico de 150 µm

| Profundidade dos extratores (m) | Atividade da água (%) | Umidade do grão (%) | Temperatura ambiente (°C) |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 0,15 | 74,4 | 13,5 | 26,1 |
| 0,25 | 69,8 | 11,9 | 25,3 |
| 0,15 | 69,7 | 11,3 | 25,2 |
| 0,25 | 74,2 | 13,1 | 25,4 |
| 0,15 | 72,8 | 11,9 | 25,2 |
| 0,25 | 73,7 | 11,9 | 25,2 |

ANEXO N - Dados referentes ao lisímetro 2, no ambiente com filme plástico de 75 µm

| Profundidade dos extratores (m) | Atividade da água (%) | Umidade do grão (%) | Temperatura ambiente (°C) |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 0,15 | 80,9 | 13,1 | 24,3 |
| 0,25 | 81,5 | 15,7 | 26,3 |
| 0,15 | 78,5 | 14,7 | 25,6 |
| 0,25 | 77,5 | 14 | 25,3 |
| 0,15 | 78,3 | 13,7 | 25,2 |
| 0,25 | 75,1 | 12,7 | 25,1 |

ANEXO O - Dados referentes ao lisímetro 6, no ambiente a céu aberto

| Profundidade dos extratores (m) | Atividade da água (%) | Umidade do grão (%) | Temperatura ambiente (°C) |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 0,15 | 73,6 | 11,9 | 24,8 |
| 0,25 | 74,4 | 14 | 25,3 |
| 0,15 | 71,7 | 14,2 | 25,5 |
| 0,25 | 68,8 | 12,7 | 25,2 |
| 0,15 | 65,2 | 11,6 | 25,1 |
| 0,25 | 63,2 | 10,8 | 25 |

ANEXO P - Dados referentes ao lisímetro 10, no ambiente com filme plástico de 150 µm

| Profundidade dos extratores (m) | Atividade da água (%) | Umidade do grão (%) | Temperatura ambiente (°C) |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 0,15 | 72,3 | 12,8 | 25 |
| 0,25 | 73,2 | 12,3 | 24,6 |
| 0,15 | 71,4 | 11,6 | 24,5 |
| 0,25 | 71,4 | 14,2 | 26,3 |
| 0,15 | 69,4 | 13,2 | 25,2 |
| 0,25 | 67,1 | 12,3 | 25,1 |

ANEXO Q - Dados referentes ao lisímetro 3, no ambiente com filme plástico de 75 µm

| Profundidade dos extratores (m) | Atividade da água (%) | Umidade do grão (%) | Temperatura ambiente (°C) |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 0,15 | 73 | 12,3 | 25 |
| 0,25 | 70,8 | 12 | 25 |
| 0,15 | 71,6 | 11,6 | 24,9 |
| 0,25 | 69,5 | 11,3 | 24,9 |
| 0,15 | 79 | 14,3 | 25,8 |
| 0,25 | 75,2 | 13,1 | 25,2 |

ANEXO R - Dados referentes ao lisímetro 7, no ambiente a céu aberto

| Profundidade dos extratores (m) | Atividade da água (%) | Umidade do grão (%) | Temperatura ambiente (°C) |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 0,15 | 66,6 | 10,8 | 24,5 |
| 0,25 | 62,7 | 10,8 | 24,7 |
| 0,15 | 65,2 | 11,6 | 24,9 |
| 0,25 | 64 | 12 | 25,2 |
| 0,15 | 64,8 | 12 | 25,2 |
| 0,25 | 67,6 | 13 | 25,3 |

ANEXO S - Dados referentes ao lisímetro 11, no ambiente com filme plástico de 150 µm

| Profundidade dos extratores (m) | Atividade da água (%) | Umidade do grão (%) | Temperatura ambiente (°C) |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 0,15 | 66 | 10,7 | 24,8 |
| 0,25 | 66 | 11,2 | 24,9 |
| 0,15 | 72,4 | 14,3 | 25,7 |
| 0,25 | 71,3 | 13,6 | 25,5 |
| 0,15 | 67,9 | 12,5 | 25,4 |
| 0,25 | 69,4 | 12,2 | 25,2 |

ANEXO T - Dados referentes ao lisímetro 4, no ambiente com filme plástico de 75 µm

| Profundidade dos extratores (m) | Atividade da água (%) | Umidade do grão (%) | Temperatura ambiente (°C) |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 0,15 | 74,2 | 14,0 | 25 |
| 0,25 | 75,7 | 13,8 | 24,9 |
| 0,15 | 73,3 | 12,9 | 24,6 |
| 0,25 | 73,7 | 11,9 | 24,4 |
| 0,15 | 69,9 | 11,9 | 24,5 |
| 0,25 | 69,3 | 11,7 | 24,5 |

ANEXO U - Dados referentes ao lisímetro 8, no ambiente a céu aberto

| Profundidade dos extratores (m) | Atividade da água (%) | Umidade do grão (%) | Temperatura ambiente (°C) |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 0,15 | 65,8 | 11,7 | 25,4 |
| 0,25 | 66,8 | 12,4 | 25,5 |
| 0,15 | 66,3 | 11,8 | 25,4 |
| 0,25 | 76,3 | 13,3 | 25,4 |
| 0,15 | 73,3 | 12,4 | 25,2 |
| 0,25 | 72,1 | 11,7 | 25 |

ANEXO V - Dados referentes ao lisímetro 12, no ambiente com filme plástico de 150 µm

| Profundidade dos extratores (m) | Atividade da água (%) | Umidade do grão (%) | Temperatura ambiente (°C) |
|--|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 0,15 | 67,9 | 12,0 | 25,2 |
| 0,25 | 68,5 | 13,1 | 26,3 |
| 0,15 | 63,6 | 11,9 | 25,6 |
| 0,25 | 63,8 | 11,4 | 25,2 |
| 0,15 | 62,9 | 10,8 | 24,8 |
| 0,25 | 61,2 | 10,0 | 24,4 |