

JÚLIO CÉZAR DE MATTOS CASCARDO

COMPORTAMENTO BIOFÍSICO, NUTRICIONAL E METABÓ-
LICO DE PLANTAS DE SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Muell
Arg.) EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE GESSO E DA
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras como parte das exigências do curso de Pós-Graduação em Agronomia. área de concentração, Fisiologia Vegetal, sub área Ecofisiologia Vegetal, para obtenção do grau de "MESTRE".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS
LAVRAS - MINAS GERAIS

1991

JÚLIO GEAR DE MATOS CASALDO

COMPORTAMENTO BIOLÓGICO, NUTRICIONAL E METABÓ-
LICO DE PLANTAS DE SERINGUEIRA (Eucalyptus Muell-
Arg.) EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE GESSO E DA
DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilheus, em cumprimento das exigências para a obtenção do título de Engenheiro em Engenharia de Recursos Hídricos, sob a orientação do Engenheiro de Recursos Hídricos, Dr. Manoel de Jesus, em Ilheus, Bahia, em 1991.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

1991

COMPORTAMENTO BIOFÍSICO, NUTRICIONAL E METABÓLICO DE PLANTAS DE
SERINGUEIRA (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.), EM FUNÇÃO DA
APLICAÇÃO DE GESSO E DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA NO SOLO.

APROVADA:



Prof. Dr. LUIZ EDSON MOTA DE OLIVEIRA

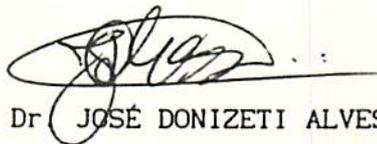
ORIENTADOR



Prof. Dr. FABIANO RIBEIRO DO VALE



Prof^a. Dra. ANGELA MARIA SOARES



Prof. Dr. JOSÉ DONIZETI ALVES

LAVRAS - MG

1991

Há um espírito misterioso presente em todos os seres, e que atua através deles. Entre tudo que movimenta as coisas, nada é mais veloz que o trovão. Entre tudo que curva as coisas, nada é mais rápido que o vento. Entre tudo que aquece as coisas, nada resseca mais que o fogo. Entre tudo que alegra as coisas, nada traz mais contentamento que o lago. Entre tudo que umedece as coisas, nada é mais úmido que a água. Entre tudo que dá início e fim às coisas, nada é mais glorioso que a quietude.

Por isso a água e o fogo se complementam, o trovão e o vento não atrapalham um ao outro, as forças da montanha e do lago atuam convergindo. Somente assim é possível a modificação. Somente assim os seres podem alcançar a perfeição.

I CHING

Aos meus pais Vinício e Solange,
meus irmãos Marcus e Felipe,
meus avós Ida, Angelina, Alberto
e Salvador,
pelo carinho e incentivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura de Lavras pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos e financiamento de parte deste projeto.

À Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), pelo financiamento de parte deste projeto, por intermédio do convênio CEMIG-ESAL-FAEPE.

Ao professor, orientador e amigo Luiz Edson Mota de Oliveira, pela amizade, apoio, ensinamentos e orientação durante o curso.

Aos professores Fabiano Ribeiro do Vale, Angela Maria Soares e José Donizeti Alves, pela colaboração e sugestões.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Biologia, especialmente aos do Curso de Fisiologia Vegetal.

Aos funcionários Ana Isa, Dartanghan e Eustáquio.

Aos colegas do curso de Mestrado em Fisiologia Vegetal

Ao amigo Nelson Delú Filho, pela amizade e apoio nas horas mais difíceis.

Aos companheiros "de casa", Luciel, José Braulino, Israel, Nádia, Déborah, Nelson e Éder, pela força.

A meus amigos Fernando e Jorge pela amizade.

A Osmar Freitas pela revisão do texto.

Ao pessoal da graduação, Neudes, Tanaka, Humberto e Ilka que me ajudaram na instalação, condução e análises do experimento.

Enfim, a todos que contribuíram de uma forma ou de outra para o bom êxito na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

JÚLIO CÉZAR DE MATTOS CASCARDO, filho de Vinício João Nicolau Cascardo e Solange Maria Silva de Mattos Cascardo, nasceu no Rio de Janeiro, Estado do Rio de Janeiro, a 29 de Maio de 1964.

Iniciou e concluiu o 1^o grau na Escola Tomaz de Aquino de 1970 a 1978, no Rio de Janeiro.

Cursou o 2^o grau no Colégio Andrews de 1979 a 1981, no Rio de Janeiro.

Em agosto de 1982 iniciou o curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, Estado do Rio de Janeiro, concluindo-o em janeiro de 1987.

Iniciou o curso de Pós-Graduação a nível de Mestrado em Agronomia, área de concentração Fisiologia Vegetal, na Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais, em março de 1989, concluindo-o em novembro de 1991.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO _____	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA _____	04
2.1. O gesso agrícola no solo _____	04
2.2. Respostas das plantas ao gesso agrícola _____	06
2.3. Comportamento fisiológico das plantas sob condições de déficit hídrico _____	07
2.4. Exigências Edafoclimáticas da Seringueira _____	12
2.5. Comportamento da seringueira sob condições de baixa disponibilidade de água no solo _____	14
3. MATERIAL E MÉTODOS _____	18
3.1. Aspectos gerais: solo e material vegetal _____	18
3.2. Instalação e condução do experimento _____	19
3.3. Características avaliadas _____	22
3.3.1. Características biofísicas _____	22
3.3.2. Características bioquímicas _____	24
3.3.2.1. Preparo do material vegetal e extrações para as dosagens _____	24

	Página
3.3.2.2. Dosagens _____	25
a)- Açúcares totais _____	25
b)- Açúcares redutores _____	25
c)- Aminoácidos _____	26
d)- Proteínas solúveis _____	26
3.3.3. Análise mineral _____	27
3.4. Delineamento experimental e análise estatística _____	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO _____	29
4.1. Características biofísicas _____	29
4.1.1. Teor relativo de água e potencial hídrico foliar	30
4.1.2. Condutância estomática e transpiração _____	33
4.1.3. Avaliação de curso diurno da condutância estomática e da transpiração _____	38
4.1.4. Temperatura foliar _____	44
4.1.5. Crescimento em altura e taxa de crescimento relativo _____	47
4.1.6. Produção e distribuição da matéria seca da parte aérea e das raízes _____	52
4.1.7. Número de lançamentos, estágio foliar e diâmetro do caule _____	63
4.2. Características Químicas _____	68
4.2.1. Aminoácidos totais e proteínas solúveis totais -	68
4.2.2. Açúcares redutores e açúcares solúveis totais -	76
5. CONCLUSÕES _____	83
6. RESUMO _____	85
7. SUMMARY _____	89

	Página
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	92
9. APÊNDICE	117

LISTA DE FIGURAS

	Página
Fig. 1- Teor relativo de água foliar e potencial hídrico foliar de plantas irrigadas e não irrigadas durante o período de aplicação dos regimes hídricos. _____	30
Fig. 2- Correlação entre o Teor Relativo de água e o Potencial Hídrico foliar de plantas irrigadas e não irrigadas. _____	31
Fig. 3- Condutância estomática (A) e transpiração (B) das plantas irrigadas e não irrigadas durante o período de aplicação dos regimes hídricos. _____	34
Fig. 4- Déficit de Pressão de Vapor do ar (DPV) e Radiação Fotossinteticamente Ativa (400-700 nm) (RFA) durante o período de aplicação dos regimes hídricos. _____	35

Fig. 5- Correlação entre a condutância estomática e transpiração em plantas irrigadas (A) e não irrigadas (B). _____ 36

Fig. 6- Evolução diurna da condutância estomática e da transpiração das plantas irrigadas e não irrigadas nas diferentes doses de gesso. _____ 39

Fig. 7- Condições microclimáticas observadas aos onze dias após a suspensão da irrigação. _____ 41

Fig. 8- Temperaturas foliares das plantas irrigadas e não irrigadas durante o período de aplicação dos regimes hídricos. _____ 46

Fig. 9- Altura das plantas irrigadas e não irrigadas durante o período de aplicação dos regimes hídricos. _____ 48

Fig. 10- Taxa de crescimento relativo das plantas irrigadas (A) e não irrigadas (B) durante o período de aplicação dos regimes hídricos. _____ 50

Fig. 11- Produção de matéria seca da parte aérea (A) e das raízes (B) em plantas irrigadas e não irrigadas nas diferentes doses de gesso. _____ 53

- Fig. 12- Produção de matéria seca total de plantas irrigadas e não irrigadas nas diferentes doses de gesso. _____ 54
- Fig. 13- Produção média da matéria seca de folhas, raízes secundárias e raízes pivotantes de plantas irrigadas e não irrigadas. _____ 55
- Fig. 14- Distribuição percentual da matéria seca de raízes de plantas irrigadas (A) e não irrigadas (B) cultivadas em diferentes doses de gesso, nas três camadas do solo. _____ 58
- Fig. 15- Distribuição percentual de matéria seca da parte aérea e de raízes de plantas irrigadas (A) e não irrigadas (B), cultivadas em diferentes doses de gesso. _____ 59
- Fig. 16- Estádios de desenvolvimento foliar apresentados por *Hevea brasiliensis* segundo a classificação de HALLÉ & MARTIN 1968. _____ 66
- Fig. 17- Teores de aminoácidos totais em folhas (A), caule (B) e raízes (C) de plantas irrigadas e não irrigadas cultivadas em diferentes doses de gesso. _____ 71

Fig. 18- Teores de proteínas solúveis totais em folhas (A), caule (B) e raízes (C) de plantas irrigadas e não irrigadas cultivadas em diferentes doses de gesso. _____73

Fig. 19- Teores de açúcares solúveis totais em folhas (A), caule (B) e raízes (C) de plantas irrigadas e não irrigadas cultivadas em diferentes doses de gesso. _____79

Fig. 20- Teores de açúcares redutores em folhas (A), caule (B) e raízes (C) de plantas irrigadas e não irrigadas cultivadas em diferentes doses de gesso. _____82

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1- Adubação de implantação e em cobertura do experimento	20
Quadro 2- Correlação entre DPV e condutância estomática das plantas irrigadas	42
Quadro 3- Correlação entre DPV e transpiração em plantas irrigadas.	44
Quadro 4- Taxas de crescimento relativo em altura (cm.cm ⁻¹ .dia ⁻¹) médias para o período de aplicação dos regimes hídricos.	49
Quadro 5- Análise de solo (pH, P, K, Ca, Mg e Al) feita ao final do experimento para as diferentes doses de gesso nas camadas de 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. (Média de 4 vasos)	61

Quadro 6- Análise mineral (Mg, Ca, K, N e S) nas folhas, caules e raízes da plantas irrigadas e não irrigadas, nas diferentes doses de gesso. _____ 62

Quadro 7- Número de lançamentos e estágio de desenvolvimento foliar das plantas no final do experimento. _____ 65

Quadro 8- Diâmetro do caule (mm) das plantas de seringueira em duas avaliações. _____ 67

1- INTRODUÇÃO

O gênero *Hevea*, originário da região amazônica ocorre na região equatorial entre as latitudes de 5° norte e sul onde predominam os tipos climáticos megatérmico úmido e megatérmico superúmido, sem a presença de uma estação seca definida. A exploração comercial da cultura da seringueira teve início em regiões com climas e latitudes semelhantes ao seu habitat natural. Entretanto, atualmente, áreas de cultivos comerciais são encontradas entre as latitudes de 29° Norte na Índia e 25° Sul no Estado de São Paulo, o que evidencia, à primeira vista, uma excepcional capacidade de adaptação e rusticidade deste gênero às mais variadas condições edafoclimáticas (WATSON, 1989; ORTOLANI, 1985; COMPAGNON, 1986).

No Brasil, a ocorrência dos fungos *Microcyclus ulei* P. Henn. e *Phytophthora* sp, entre outras enfermidades, especialmente nas regiões tradicionais de exploração da borracha, constitui o principal problema para o desenvolvimento

da heveicultura. Assim, ocorreu uma expansão para regiões de escape a esses fungos, principalmente ao *M. ulei*, causador do *Mal Sul Americano das Folhas*. Essas novas áreas de produção com ocorrência endêmica do *M. ulei*, são caracterizadas por uma estação seca pronunciada e valores médios mensais de umidade relativa entre 50 e 65% nas fases final da senescência e inicial da renovação foliar, reduzindo, com isso, as possibilidades de duração de molhamento foliar favorável à infecção pelo fungo (ORTOLANI *et alii*, 1983).

Dentre as regiões de escape encontram-se áreas de solo sob cerrado, que apresentam uma baixa disponibilidade de água em determinadas épocas do ano. Além disso, possuem baixa fertilidade, caracterizada pelo baixo pH, alta capacidade de fixação de fósforo, toxidez de alumínio e escassez generalizada de nutrientes (EMBRAPA, 1975). Com a expansão da seringueira para essas áreas, torna-se necessário um maior empenho na geração de tecnologias que permitam amenizar esses efeitos sobre o desenvolvimento e, conseqüentemente, a produtividade da seringueira.

A utilização de gesso agrícola em plantios de seringueira tem a possibilidade de tornar-se uma prática agrícola economicamente viável, uma vez que ele apresenta a importante característica de melhorar a fertilidade de subsolos ácidos, predominantes em solos sob cerrado. Alguns estudos disponíveis na literatura sobre a utilização da gessagem (MALAVOLTA *et alii*, 1986; GUIMARÃES, 1986; CARVALHO *et alii*, 1986; VITTI *et alii*, 1986), evidenciam seu efeito favorável ao crescimento radicular

em profundidade, permitindo uma melhor exploração da água e nutrientes do solo. Consequentemente, a planta poderá apresentar uma melhor capacidade de adaptação às condições edafoclimáticas adversas de baixa disponibilidade de água e de minerais, encontradas em solos sob cerrado.

O propósito deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de diferentes doses de gesso agrícola e da disponibilidade de água, em um solo com baixa fertilidade, sobre o comportamento biofísico, nutricional e metabólico de plantas de seringueira.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O Gesso Agrícola no solo

O gesso agrícola, sulfato de cálcio diidratado, é um subproduto da obtenção do ácido fosfórico utilizado na fabricação de fertilizantes fosfatados (VITTI *et alii*, 1986). Em solos ácidos o gesso pode ser usado como fonte de cálcio e enxofre, na forma de sulfato, para as plantas, e como corretivo para subsolos deficientes em cálcio devido à lixiviação do sulfato de cálcio aplicado na superfície (REEVE & SUMMER, 1972; PAVAN *et alii* 1984; VITTI & MALAVOLTA, 1985). O aumento dos teores de cálcio em subsolos ácidos é uma das maiores vantagens da aplicação do gesso, pois permite um maior desenvolvimento radicular em profundidade e, conseqüentemente, maior absorção de água e nutrientes (PAVAN & WOLKWEISS, 1986).

O gesso apresenta uma pequena solubilidade em água, porém o suficiente para manifestar a curto prazo seus efeitos no solo. Ele é constituído de cátion e ânion. O cátion participa do equilíbrio entre os cátions adsorvidos e os da solução do solo; o ânion permanece na solução do solo sujeito a lixiviação ou percolação. O cátion cálcio troca-se com outros cátions adsorvidos, liberando-os para a solução do solo. O ânion sulfato está sujeito a lixiviação, carregando consigo cátions para as camadas subsuperficiais. Essa lixiviação pode ser benéfica ou maléfica, dependendo da sua intensidade. Se os nutrientes catiónicos percolados permanecerem nas primeiras camadas subsuperficiais melhoram a sua fertilidade, estimulando o crescimento radicular e, conseqüentemente, tornando as plantas mais resistentes aos déficits hídricos. Caso os nutrientes sejam arrastados para regiões mais profundas, o que ocorre é um empobrecimento do solo. Sendo a saturação e a atividade do alumínio maléficas às plantas, sua diminuição, através da saturação do cálcio, tornam-se benéficas (ALCARDE, 1988).

A toxidez do alumínio nos diversos solos abrange não só a quantidade de alumínio trocável no complexo coloidal, mas também a sua localização em profundidade nos solos, ou seja, a variabilidade dos teores de alumínio trocável nos horizontes que constituem cada solo. Com isso, a baixa produtividade e resposta das culturas aos fertilizantes podem ser atribuídas à toxidez do alumínio (GUIMARÃES, 1986). Em solos ácidos, com o uso de gesso, existe uma diminuição da atividade do íon Alumínio na solução do solo devido à formação de sulfato de alumínio. Este fato é

importante porque Alumínio (3+) é a forma mais tóxica, e o sulfato de alumínio é menos absorvida pelas raízes (PAVAN & BINGHAM, 1982).

2.2. Respostas das plantas ao gesso agrícola

A toxidez de alumínio é um fator limitante do desenvolvimento das culturas, principalmente nos solos sob vegetação de cerrados, interferindo indiretamente na absorção de água, conseqüentemente na absorção e utilização de vários nutrientes, como o P, K, Mg, e também contribuindo para a fixação do fósforo no solo (OLMOS & CAMARGO, 1976).

Alguns estudos, (SOUZA & RITCHEY, 1986; PAVAN & WOLKWEISS, 1986; GUIMARÃES, 1986) mostram os efeitos prejudiciais do alumínio presente nos horizontes subsuperficiais restringindo a expansão das raízes nos horizontes abaixo de 15-20 cm, tornando-se responsável pela maior susceptibilidade das plantas ao déficit hídrico.

GUIMARÃES (1986) cita que o problema com o alumínio agrava-se nas regiões de cerrados onde existe uma distribuição de chuvas irregular, pois os mesmos são caracterizados por solos com uma baixa retenção de água e/ou por uma alta demanda evaporativa da atmosfera. Veranicos de duas ou mais semanas coincidindo com as épocas críticas de exigências de água pelas culturas, condicionam o aparecimento de deficiências hídricas. Com isso, períodos de oito a dez dias sem chuvas na estação chuvosa seriam o suficiente para secar o solo até 40-60 cm de

profundidade, não permitindo a absorção normal de água pelas culturas.

Os resultados de um experimento com café conduzido em um latossolo vermelho-amarelo sob cerrado, demonstraram uma superioridade dos tratamentos que receberam gesso na cova (FREIRE *et alii*, 1984). O efeito foi atribuído, principalmente, à movimentação do cálcio, com maior exploração do solo em profundidade pelas raízes e, também, pela presença do enxofre. Por sua vez, em milho, a aplicação do gesso retardou a senescência de folhas, quando as plantas estavam em déficit hídrico, mantendo o ritmo de crescimento das plantas, embora em menor intensidade que as plantas sem déficit hídrico (CARVALHO *et alii*, 1986). A aplicação do gesso aumentou também o crescimento radicular, bem como induziu uma distribuição mais uniforme do sistema radicular no perfil do solo.

2.3. Comportamento fisiológico das plantas sob condições de déficit hídrico.

A água é um fator de fundamental importância na determinação da distribuição das espécies. Com isso, as respostas e adaptações das mesmas são críticas para o seu sucesso em qualquer ambiente (BRADFORD & HSIAO, 1982). A participação da água no complexo vegetal é enorme, variando desde doadora de elétrons na fotossíntese, até participando das ligações hidrofóbicas de macromoléculas na manutenção da forma em tecidos não lenhosos (HSIAO, 1973).

O déficit hídrico é um dos estresses mais comuns a que as plantas cultivadas, em condições de campo, estão sujeitas durante o seu ciclo de vida. Ele pode variar desde uma pequena flutuação diária da umidade relativa da atmosfera, até severos déficits de água no solo (MORGAM, 1984). A adaptação ao estresse hídrico envolve mecanismos que proporcionam à planta adiar e/ou evitar uma redução da desidratação celular. As respostas fisiológicas das plantas ao déficit hídrico podem variar tanto em função da severidade como também da duração do estresse. E com o tempo, elas normalmente representam uma adaptação da planta para suportar um ambiente alterado (BRADFORD & HSIAO, 1982).

Com isso as plantas desenvolveram mecanismos para suportar a baixa disponibilidade de água no solo. Dentre algumas estratégias de resistência ao estresse hídrico pode-se citar: uma rápida finalização da ontogenia foliar, queda de folhas, enrolamento foliar, uma diminuição na razão parte aérea/raízes e uma baixa condutância estomática (ROSA *et alii*, 1991; REIS *et alii*, 1988; CARBON *et alii*, 1981). Um outro mecanismo de tolerância ao estresse hídrico seria o desenvolvimento de baixos potenciais osmóticos (NONAMI & SCHULZE, 1989), o que também é uma característica de plantas de ambientes áridos (MORGAM, 1984). A implicação direta desses mecanismos é que as plantas reduzem sua perda de água, prevenindo, ou pelo menos retardando, uma injúria mais grave. (ZHANG & DAVIES, 1989).

Existe uma grande variabilidade na frequência e no tamanho dos estômatos entre as diferentes espécies. A posição

foliar e a condição de crescimento da folha levam a condutâncias estomáticas diferenciadas. Também existe uma heterogeneidade na abertura estomática sobre a superfície foliar (MANSFIELD *et alii*, 1990). Em adição a essas diferenças genotípicas, a condutância estomática é fortemente afetada por condições de crescimento e com a idade foliar (JONES, 1983).

| Um efeito direto da falta de água é o encontrado na assimilação do carbono, a qual pode diminuir desde um pequeno déficit hídrico foliar ou mesmo antes disso, em resposta a uma queda na umidade relativa do ar como também em resposta a uma diminuição do potencial hídrico do solo. Quando o período de estresse é prolongado, e a desidratação é severa, algumas mudanças podem ocorrer nas funções metabólicas e/ou no comportamento da planta como um todo. Uma redução no crescimento e um decréscimo no tamanho da parte aérea são uma adaptação e/ou uma consequência do déficit hídrico (CHAVES, 1991).

Um estresse hídrico é normalmente acompanhado de um aumento no nível de carboidratos e de compostos nitrogenados de baixo peso molecular, destacando-se os açúcares redutores e também compostos como prolina e betainas (ARGANDONA & PAHLICH, 1991; CABALLERO *et alii*, 1988; ASPINALL & PALEG, 1981). O déficit hídrico estimula a conversão de amido em sacarose nas folhas de beterraba (FOX & GEIGER, 1985). O aumento de açúcares solúveis diminui o potencial osmótico e contribui na manutenção da turgescência (QUICK *et alii*, 1989), junto com um aumento de aminoácidos que mantem o equilíbrio osmótico celular entre o citoplasma e o vacúolo (THOMAS, 1991). Em folhas expandidas, o

aumento em açúcares e aminoácidos resulta de uma diferença entre a taxa de assimilação de carbono e a taxa de exportação (KARAMI *et alii*, 1980), já nas folhas em expansão, a regulação osmótica depende da importação de solutos, que é dependente das taxas fotossintética e de translocação (MEYER, 1981; BARLOW *et alii*, 1977). Mudanças no nível de potássio ocorrem paralelamente com as mudanças de açúcares e aminoácidos, possivelmente balanceando as cargas negativas dos aminoácidos (MORGAM, 1984).

A regulação osmótica ocorre em resposta a um declínio no potencial hídrico das regiões em expansão de raízes, caules, folhas, hipocótilos, e inflorescências (CREELMAN *et alii*, 1990), possuindo um papel importante na absorção de água para a manutenção da turgescência e conseqüentemente expansão desses órgãos. O particionamento de fotoassimilados responde sensivelmente ao estresse hídrico. Há um estímulo progressivo à síntese de sacarose, inibindo a de amido, quando ocorre uma queda no potencial hídrico de zero para -1,2 MPa (QUICK *et alii*, 1989). Em algumas espécies a capacidade de osmoregulação é maior em partes mais jovens da planta (MORGAM, 1984).

Em trigo, no momento da antese, a perda de turgescência ocorreu a um potencial hídrico de -1,7 MPa nas folhas mais jovens, comparada com -1,2 MPa em uma folha mais velha. Essa maior capacidade das partes mais jovens se ajustarem osmoticamente, pode ser atribuída a fatores que afetam o suprimento de assimilados, tais como o declínio na taxa fotossintética das folhas mais velhas e à demanda de assimilados das regiões de crescimento (MORGAM, 1984).

O potencial de turgescência, durante o estresse hídrico, pode ser mantido pela regulação osmótica que promove a redução da saída de água da célula e/ou manutenção da absorção. Porém, quando a água é perdida, a taxa de mudança do potencial de turgescência, com mudança no potencial de água, é também afetado pela elasticidade da parede celular, que é regulada pelo seu módulo de elasticidade. Assim, a mesma pressão de parede pode ser mantida com menos água (NUNES *et alii*, 1989). Existem evidências de que essas estratégias variam entre espécies, dentro de espécies, ou mesmo sazonalmente (PARKER & PALLARDY, 1985).

Várias características morfológicas e bioquímicas da célula podem contribuir para a expressão da capacidade de osmorregulação em genótipos tolerantes à seca. Portanto se esse mecanismo é complexo, a capacidade adaptativa de manter a integridade das membranas celulares durante longos períodos de déficit hídrico deve ser essencial para a resistência à seca. Em genótipos não tolerantes, a desidratação celular pode causar severos danos às estruturas das membranas, tais como as dos tilacóides, e as do envelope externo do cloroplasto. As diferenças na composição dos lipídeos das membranas podem ser um indicador bioquímico importante na explicação da resposta das plantas tolerantes e não tolerantes à seca (WILSON *et alii*, 1987).

2.4. Exigências Edafoclimáticas da Seringueira

No passado, considerava-se a seringueira como uma espécie melhor adaptada às condições de climas tropicais, nas florestas úmidas, com uma média de precipitação anual de 2000-4000 mm, bem distribuídos, com no máximo um mês seco por ano. Porém sabe-se hoje que as regiões recomendadas para o cultivo apresentam de 100 a 150 dias com precipitação durante o ano. Essas condições são similares às encontradas em regiões de cultivo comercial no sudoeste da Ásia (WATSON, 1990; COMPAGNON, 1986) e algumas do Brasil. Um excesso de chuvas pode levar a uma interferência no processo de sangria, favorecendo o desenvolvimento de doenças de tronco e folhas.

Novos conhecimentos sobre a cultura, aliados a novos testemunhos de produção, mostram que a seringueira apresenta condições de tolerância e adaptação à seca, pelo menos em uma fase mais adiantada do seu ciclo. Em áreas de produção em São Paulo são alcançadas produções de 1000 a 1500 kg/ha de borracha seca por ano, apesar dessas regiões apresentarem um índice pluviométrico anual de apenas 1200 mm (ORTOLANI, 1985).

A seringueira desenvolve-se bem em regiões com temperaturas médias anuais iguais ou superiores a 20°C. (ORTOLANI *et alii*, 1983; COMPAGNON, 1986). Em temperaturas médias inferiores a 18°C o crescimento cessa e quando este valor médio é inferior a 15°C ele se torna crítico para a diferenciação dos tecidos (HUANG & XUEGIN, 1983). Entretanto, estudos desenvolvidos em regiões sujeitas a temperaturas baixas

no Sul e Sudoeste do Brasil, mostraram que o frio reduz o desenvolvimento das plantas no período de inverno, entretanto não é totalmente limitante pois as plantas compensam essa baixa *performance* no crescimento nos períodos mais quentes do ano. A susceptibilidade ao frio é maior quando a planta é jovem (até dois anos) (ORTOLANI *et alii*, 1983). Para temperaturas superiores a 40°C a taxa de respiração excede a de fotossíntese ocorrendo com isso a paralisação do crescimento (HUANG & XUEGIN, 1983). Os limites térmicos superiores ideais para a fotossíntese estão entre 27 e 30°C.

Os solos das regiões onde a heveicultura está em expansão, apresentam-se predominantemente com baixos teores de bases trocáveis e baixa capacidade de troca de cátions. A fertilidade natural, geralmente muito baixa, aliada ao prolongado período seco, exige considerações especiais no uso de fertilizantes. As propriedades físicas da maioria dos solos sob cerrado são propícias ao desenvolvimento radicular da seringueira, pois sua estrutura permite uma fácil penetração do sistema radicular da planta. Este fato, aliado a grande profundidade dos solos, é favorável ao fornecimento de água para a planta, no decorrer dos meses que caracterizam o prolongado período seco dessas regiões (CARMO & FIGUEIREDO, 1985).

2.5. Comportamento da Seringueira sob condições de baixa disponibilidade de água.

As deficiências hídricas ambientais são um dos principais fatores limitantes do crescimento da seringueira em qualquer região de cultivo, principalmente quando as plantas são jovens. As áreas consideradas aptas ou preferenciais para a seringueira em Minas Gerais apresentam período seco definido de até 7 meses. Logo a necessidade hídrica dos clones e as condições edafoclimáticas das diversas áreas são fatores fundamentais a serem considerados no momento da escolha dos clones (CARMO & FIGUEIREDO, 1985).

Existem alguns trabalhos relacionando a produtividade da planta com a sua necessidade hídrica, interligados a fatores climáticos (BUTTERY & BOATMAN, 1976). Em um estudo com clones de seringueira, SAMSUDDIN & IMPENS (1978) detectaram diferenças nas taxas fotossintéticas que tinham origem nas resistências estomáticas e residuais. Uma vez que a taxa transpiratória não variou, demonstrou-se assim diferenças na eficiência do uso da água entre os clones. DEVAKUMAR *et alii* (1988) observaram, em seringueira, que uma alta condutância estomática presente nas horas mais quentes do dia, mesmo quando a transpiração é baixa, é uma adaptação importante para uma melhor eficiência no uso da água em condições de déficit hídrico

RAO *et alii* (1990) avaliando dois clones de seringueira sob condições de deficiência hídrica (ψ_{solo} inferior a -1,5 MPa) detectaram uma queda na produtividade de latex. Porém foram

encontradas diferenças entre as produções dos clones, sendo que o clone RRII 105 mostrou ser mais tolerante que o RRII 118 por apresentar uma alta resistência estomática, altos potenciais hídricos foliares e menor taxa transpiratória durante a estação seca. Esses resultados coincidem com os obtidos por DEVAKUMAR *et alii* (1988) para esses mesmos clones.

Plantas clonais jovens de seringueira mostram-se pouco resistentes às condições de seca. Suas taxas transpiratórias são altas quando túrgidas e a eficiência do uso de água varia entre elas (SANSUDDIN & IMPENS, 1978). Os estômatos, que na seringueira encontram-se somente na face abaxial (LLERAS & MEDRI, 1978), fecham em face a moderados déficits hídricos, evitando a progressão do estresse (RESNICK & MENDES, 1979), afetando, conseqüentemente a relação fotossíntese/transpiração (ROCHA NETO *et alii*, 1983).

GOMES & KOZLOWSKI (1988) observaram que os estômatos de *Hevea* são circundados por um anel de cera que protege as células guardas de uma dessecação resultante de uma exposição direta das mesmas à atmosfera, através da criação de um microclima ao redor dos estômatos. Resultados semelhantes foram verificados por GURURAJA RAO *et alii* (1988) ao estudarem a variação clonal na cera cuticular e na reflectância à luz de clones de seringueira sugerindo seu possível papel na tolerância à seca.

Em um experimento com seis clones de seringueira submetidos a déficits hídricos consecutivos foi observada uma maior redução no número de folhas do que no número de lançamentos. Isto indica que, após déficits hídricos

consecutivos, a maioria dos clones podem perder porções consideráveis de sua área foliar (CONCEIÇÃO *et alii*, 1986).

A ocorrência de estresse hídrico durante um período de rápido alongamento do caule ou das folhas pode levar a uma sensível diminuição nas taxas de crescimento, afetando o tamanho do lançamento e, conseqüentemente, a produção através da diminuição da superfície fotossintetizante. Déficits hídricos alternados alteram significativamente a produção de matéria seca total, promovendo reduções que variam entre 28 e 37% em relação às plantas mantidas sob irrigação. Essas condições provocam também reduções diferenciais nos percentuais de acúmulo de matéria seca das raízes, caules e folhas dos diferentes clones, direcionando uma maior distribuição de assimilados para as raízes do que para a parte aérea. Com isso, há um aumento da área de exploração do solo pelas mesmas (CONCEIÇÃO, *et alii* 1986).

Em condições de um déficit hídrico moderado, BERGONCI (1981) observou em seringueira que os teores de clorofila decresceram, sugerindo que a queda no potencial hídrico foliar pode provocar uma redução na taxa de síntese e/ou aumento na taxa de degradação de clorofila. O mesmo foi observado por CORRÊA *et alii* (1986/87), que além disso, observaram a ocorrência de diferenças nas resistências estomáticas entre clones de seringueira em função do déficit hídrico, verificando também um aumento no teor de prolina livre. Entretanto, nesse caso, essas características não se mostraram eficientes na avaliação da tolerância dos clones à condição de déficit

hídrico, por terem sido muito variadas.

Em um processo de seleção de clones de *Hevea* para serem cultivados em regiões que apresentam limitação hídrica, faz-se necessário conhecer melhor os indicadores do estresse hídrico mediante uma análise comparativa de clones promissores. Um bom indicador fisiológico destes efeitos pode ser as mudanças no estado energético da água na planta e seus efeitos sobre a abertura e fechamento dos estômatos, perda de água por transpiração, teores de pigmentos fotossintéticos e produção primária (CONCEIÇÃO *et alii*, 1985).

3 - MATERIAL e MÉTODOS

3.1. Aspectos Gerais: solo e material vegetal.

Para o experimento foi utilizado um Latossolo vermelho-amarelo álico, coletado em três profundidades (0-20, 20-40 e 40-60 cm), em uma área de vegetação típica de Campo-Cerrado, de propriedade da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), localizada às margens da represa de Camargos, no município de Itutinga- MG.

Após a coleta, o solo foi secado, peneirado em peneiras de 5mm, e analisado em suas características físico-químicas (Quadro 1A).

O material vegetal utilizado foi obtido a partir de sementes clonais ilegítimas coletadas no município de Olímpia, oeste de São Paulo, de um seringal em produção do clone RRIM 600 (RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALASYA).

3.2. Instalação e Condução do Experimento

O experimento foi instalado em casa-de-vegetação no Departamento de Biologia da ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS - ESAL. As plantas foram cultivadas em colunas de PVC de 200 mm de diâmetro, constituídas de 3 anéis superpostos com um volume de 6,3 l cada, contendo o solo correspondente às camadas de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, com a mesma disposição do campo. A densidade do solo na coluna de PVC foi mantida entre 1,1 e 1,2 g.cm⁻³.

Após os anéis de 20-40 e 40-60 cm terem sido preenchidos com o solo, foi colocado o anel superior correspondente à camada superficial do solo de 0-20 cm, e então preenchido nos 10 cm finais (camada de 10-20 cm) com o volume de solo correspondente. As doses de gesso (0, 2, 4 e 8 t/ha) e a adubação foram aplicadas na camada de 0-10 cm restante da seguinte maneira. Foram separadas quatro partes iguais do solo restante e nessas partes foram adicionadas a dose de gesso e a adubação correspondente. Posteriormente, o solo contendo as diferentes doses de gesso foi colocado nas colunas preenchendo a camada de 0-10 cm. Para as adubações de plantio e de cobertura (4 meses e 6 meses após o plantio), foram utilizados sais para análise (PA) (Quadro 1).

Quadro 1 - Adubação de implantação e em cobertura do experimento.

Produto	Quantidade (g/coluna)		
	Plantio	Cobertura	
		4 meses	6 meses
Nitrato de amônia	1,29*		
Fosfato de potássio	2,63		
Sulfato de Magnésio	1,85		1,85
Micronutrientes (FTE)	0,15		
Cloreto de potássio			0,29
Uréia		0,32	1,28**

* parcelada em 3 vezes: 3, 8 e 12 dias após o plantio.

** parcelada em 4 vezes de 4 em 4 dias.

Antes do plantio, as mudas com 21 dias de idade e sem qualquer injúria visível, foram selecionadas pela sua uniformidade em altura e comprimento do sistema radicular. Posteriormente elas foram plantadas simultaneamente ao enchimento da última camada do anel de 0 a 20 cm, evitando com isso a quebra do ápice principal do sistema radicular.

Durante os meses mais frios do ano (maio-julho) as plantas foram mantidas sob um regime de aquecimento noturno, para evitar tanto a paralisação do crescimento das plantas, como para impedir as injúrias provocadas pelas temperaturas baixas, tal como a degradação abrupta de clorofila, como observado por

DELÚ FILHO *et alii* (1990) em plantas jovens de seringueira, tanto em viveiros como em casa-de-vegetação, naquela época do ano. O sistema de aquecimento utilizado consistiu de um conjunto de resistências elétricas e de uma cortina plástica que envolvia lateralmente as bancadas onde as plantas estavam colocadas. O sistema era ligado ao entardecer e desligado ao amanhecer. A utilização desse sistema permitiu o desenvolvimento das plantas sem qualquer sintoma de injúria devido às baixas temperaturas e propiciou também às plantas atingirem o segundo lançamento mais rapidamente, condição estabelecida para o início da indução do estresse hídrico.

Todas as plantas foram irrigadas diariamente durante o período (6 meses) que antecedeu a aplicação dos diferentes regimes hídricos, mantendo-se a disponibilidade de água no solo próxima à capacidade de campo. Para tal, irrigava-se as plantas até a água começar a vazar pelo fundo da coluna. A aplicação dos diferentes regimes hídricos foi realizada quando as plantas apresentaram o segundo lançamento foliar totalmente expandido, o que ocorreu aos 7 meses de idade. Os regimes hídricos eram constituídos de um grupo de plantas irrigado normalmente (controle) e de outro grupo com a irrigação das plantas suspensa. O experimento foi encerrado aos 36 dias após a suspensão da irrigação, quando a maioria das plantas demonstrou sintomas visíveis de murchamento caracterizado por um enrolamento foliar.

Um ataque de ácaro rajado sofrido pelas plantas aos 3 meses após o plantio foi controlado com 4 pulverizações do produto VERTIMEC na dose de 2,0 ml por 5,0 l de água.

3.3. Características Avaliadas.

3.3.1. Características Biofísicas.

Durante o período de aplicação dos regimes hídricos, foram avaliadas periodicamente as seguintes características: altura das plantas, diâmetro do caule, taxa de expansão foliar (LIN & NAYARANAN, 1972) e estágio de desenvolvimento foliar segundo a classificação de HALLÉ & MARTIN (1968), citado por COMPAGNON (1986), potencial hídrico foliar (ψ_f) e teor relativo de água foliar (TRA_f).

As avaliações do comportamento estomático e de algumas condições microclimáticas, foram realizadas com o auxílio de um porômetro (STEADY STATE POROMETER, LICOR-1600M, Inc/LI-cor, Ltda), sempre no mesmo horário solar entre as 10:00-12:00 horas. Avaliou-se a radiação fotossinteticamente ativa, condutância estomática, taxa transpiratória, umidade relativa do ar, temperatura do ar e das folhas e déficit de pressão de vapor do ar (DPV).

Os folíolos utilizados foram sempre do mesmo lançamento e estavam no mesmo estágio de desenvolvimento foliar (Estádio D), obedecendo sempre a mesma orientação cardinal em relação à radiação solar incidente.

O potencial hídrico foliar foi obtido com o emprego de uma bomba de pressão desenvolvida na ESAL, (SCHOLANDER *et alii*, 1965) entre 7:00 e 8:00 h da manhã, utilizando-se os folíolos do mesmo lançamento foliar (2°). Os folíolos usados nas avaliações eram cortados e imediatamente envoltos em papel alumínio e colocados dentro de uma caixa de isopor com gelo para se evitar a desidratação das folhas. Logo após este procedimento eram feitas as medições na bomba de pressão.

O teor relativo de água (TRA_f) foi obtido a partir dos mesmos folíolos utilizados nas avaliações de potencial hídrico foliar, para tal, tomou-se o cuidado de manter a câmara da bomba umedecida para se evitar a perda de água das folhas. Amostras compostas de seis discos foliares com 0,6 cm de diâmetro foram retiradas do centro do limbo foliar, evitando-se a nervura central, e imediatamente pesadas para obter o peso da matéria fresca (PF). Em seguida os discos foliares foram submersos em água destilada e colocados em bancadas com baixa luminosidade (10 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$), para atingirem a saturação hídrica. Após o período entre 24-30 h, os discos foram secos suavemente e pesados para a obtenção do peso da matéria túrgida (PT). Posteriormente os discos foram então levados à estufa de circulação forçada a $\pm 70^\circ\text{C}$ até atingirem peso constante e então pesados para a quantificação da matéria seca (PS). O teor relativo de água foi calculado segundo a expressão:

$$\text{TRA} = \frac{\text{PF} - \text{PS}}{\text{PT} - \text{PS}} \times 100$$

Ao final do experimento as plantas foram coletadas e separadas em parte aérea (folhas, pecíolos e caule) e raízes nas 3 profundidades distintas das colunas (0-20, 20-40 e 40-60 cm). As raízes foram lavadas com jatos de água em peneiras de 24 MESH e colocadas para secar juntamente com a parte aérea, em estufa com ventilação forçada a $\pm 70^{\circ}\text{C}$, até atingirem peso constante.

3.3.2. Características Bioquímicas

3.3.2.1. Preparo do material vegetal e extrações para as dosagens.

O material vegetal seco foi moído em um moinho tipo WILLY, com peneira de 20 MESH. As metodologias empregadas para a extração de aminoácidos, carboidratos e proteínas foram estabelecidas previamente em ensaios preliminares, variando o extrator e o tempo de extração. Foram utilizados dois extratores: água destilada e etanol 60%, em vários tempos de extração. Comparando-se os resultados (dados não apresentados), optou-se pela extração com água a 40°C sob agitação constante por 15 minutos, para dosagem dos carboidratos e por 60 minutos para dosagem das proteínas e aminoácidos. A extração com álcool extraía muita clorofila, interferindo nas leituras colorimétricas.

Para a extração pesou-se 500 mg de material seco, adicionou-se a seguir 10 ml de água destilada e os frascos eram então colocados em um agitador tipo TUBNOFF-TE 093 - Tecnal.

Após o tempo determinado para cada extração, o material foi filtrado em papel de filtro WATMAN n° 40 com o auxílio de um frasco Kitazato. A solução era então colocada em frascos escuros, armazenada em geladeira e por um prazo de no máximo 48 horas era utilizada para as dosagens.

3.3.2.2. Dosagens

a) Açúcares totais

O teor de açúcares solúveis totais foi dosado de acordo com a metodologia de YEMM & WILLIS (1954). Para tanto tomou-se 0,01 ml do extrato com 0,99 ml de água em 2,0 ml do reagente antrona 0,2 % em H_2SO_4 concentrado. Após agitação, levou-se os tubos ao aquecimento a 100 °C por 3 minutos. Como padrão foi utilizada uma curva de glicose 0,33 mM na faixa de 12 a 60 µg/ml. As leituras foram feitas a 620 nm em um espectrofotômetro MICRONAL B 295 II.

b) Açúcares redutores

Os açúcares redutores foram dosados seguindo-se a metodologia de MILLER (1959). Adicionou-se 0,2 ml de extrato em 1,0 ml de dinitrosacililato (DNS) mais 1,8 ml de água destilada. Os tubos foram então aquecidos em banho-maria fervente por 15 minutos, esfriados à temperatura ambiente. Posteriormente, completou-se os volumes para 10 ml com água destilada. Foi utilizada uma curva padrão de glicose 10 mM na faixa de 2 a 10

µmoles/ml. As leituras foram feitas a 540 nm.

c) Aminoácidos

O teor de aminoácidos foi dosado de acordo com o método proposto por YEMM & COCKING (1955). Para tal pipetou-se 10 µl do extrato e adicionou-se 0,5 ml de tampão citrato pH 5,0 à 0,2 M, 0,2 ml de ninhidrina a 5% (p/v) em metilcelosolve e 1,0 ml de KCN a 2% (v/v) de uma solução 0,01 M de metilcelosolve . Após agitação, os tubos foram aquecidos por 20 minutos em banho maria fervente. Em seguida foram deixados resfriar à temperatura ambiente e seus volumes completados para 4,0 ml com etanol a 60%. Foi utilizada uma curva padrão de glicina na faixa de 15 a 75 µg/ml. As leituras foram feitas a 540 nm.

d) Proteínas solúveis

A quantificação do teor de proteínas foi feita segundo o método de BRADFORD (1976). O reagente foi preparado diluindo 100 mg de Comassie blue G-250 em 50 ml de etanol a 95%. Feito isso, adicionou-se 100 ml de ácido fosfórico a 85% (v/v) e completou-se o volume para 1,0 litro com água destilada. O reagente foi então filtrado 3 vezes em papel de filtro WATMAN n^o40 com o auxílio de um frasco Kitazato. A determinação do teor de proteínas foi feita adicionando-se 0,5 ml do extrato em 5,0 ml do reagente seguido de agitação em um vórtex. A curva utilizada foi feita com um padrão de soroalbumina-bovina (BSA) na faixa de 20 a 100 µg/0,1 ml previamente corrigida em um espectrofotômetro na faixa do UV pois o BSA é muito

higroscópico. O fator de correção encontrado foi de 0.96. As leituras foram feitas a 595 nm.

3.3.3. Análise mineral.

O material empregado foi o mesmo descrito anteriormente para as análises bioquímicas. Foram pesados 500 mg de material vegetal que foi submetido à uma digestão nitroperclórica. Do extrato resultante, determinaram-se os teores de P (LINDEMANN, 1958); de K por fotometria de chama (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1975); de S por turbidimetria (BLANCHAR *et alii*, 1965); e de Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica. Na análise do nitrogênio total, foram pesados 100 mg de material vegetal que sofreram uma digestão sulfúrica (LINDNER *et alii*, 1944). Após a digestão o material foi destilado e o nitrogênio dosado segundo a metodologia Micro-KJELDHAL.

3.4. Delineamento Experimental e Análises Estatísticas

O delineamento utilizado no experimento foi um DELINEAMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO (DIC), em um fatorial (4 x 2), constituído de quatro doses de gesso (0, 2, 4 e 8 ton/ha) e dois regimes hídricos (manutenção das plantas aproximadamente em capacidade de campo (controle) e suspensão da irrigação quando as plantas atingiram o segundo lançamento totalmente expandido).

O experimento teve quatro repetições. Cada parcela foi constituída de 2 plantas.

As análises estatísticas foram feitas no computador, com o auxílio do programa MSTATC da Universidade de Michigan. O delineamento utilizado nas análises biofísicas foi o mesmo das outras análises acrescido de mais um fator, os dias das avaliações, que foi analisado como sendo uma parcela subdividida no tempo. Para os testes de médias foram aplicados testes de Tukey a 5%. Os resumos das análises de variância de todas as características avaliadas encontram-se no apêndice.

4. RESULTADOS e DISCUSSÃO

4.1. Características Biofísicas.

Não ocorreram diferenças significativas ($p < 0.05$) nos valores de potencial hídrico, teor relativo de água, condutância estomática e transpiração entre os níveis de gesso.

Para avaliar as diferenças entre o ψ_f , TRA_f , condutância estomática e transpiração de plantas irrigadas e não irrigadas, em cada dia de avaliação, foi feito um desdobramento fixando-se cada dia de avaliação, variando-se o regime hídrico. Esse procedimento mostrou o tempo de suspensão da rega necessário para provocar a queda observada nos valores dessas características, nas plantas não irrigadas em relação ao controle irrigado.

4.1.1. Teor relativo de água (TRA_f) e potencial hídrico foliar (ψ_f)

Percebe-se uma tendência de queda no ψ_f e TRA_f a partir dos 20 dias após a suspensão da irrigação (Figura 1), embora essas diferenças nos valores dos ψ_f e TRA_f entre plantas irrigadas e não irrigadas só passaram a ser significativas a partir do 26^o dia, quando então eles chegaram a aproximadamente -2.0 MPa e 80 % respectivamente.

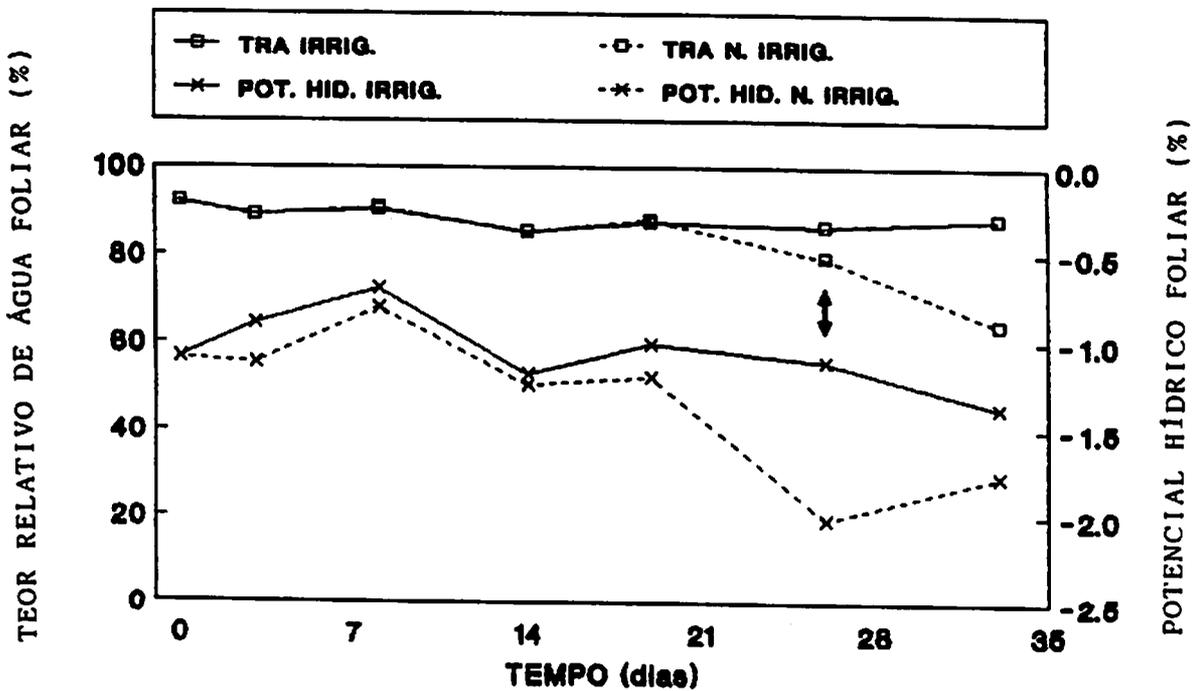


Fig. 1- Teor relativo de água foliar e potencial hídrico foliar de plantas irrigadas e não irrigadas durante o período de aplicação dos regimes hídricos (Média de 16 plantas). A seta indica a partir de que dia os valores de TRA_f e ψ_f entre as plantas irrigadas e não irrigadas diferiram estatisticamente.

Foi observado que nas plantas irrigadas, a correlação entre ψ_f e TRA_f (Figura 2), formava uma dispersão de pontos igual à encontrada nas plantas não irrigadas na faixa de TRA_f entre 80-95 %. Porém, nota-se nessas plantas que mesmo para altos valores de TRA_f , o ψ_f é baixo, indicando uma queda no potencial osmótico, sugerindo um possível ajuste osmótico. Entretanto, no momento em que o TRA_f ficou menor que 60%, nas plantas não irrigadas, o ψ_f é baixo, porém, aqui, essa queda deve ser atribuída também a uma diminuição no potencial de pressão. VIRK & SINGH (1990), fazendo esse mesmo tipo de correlação, observaram em *Catharanthus roseus* uma queda no potencial osmótico e no potencial de pressão quando da queda no TRA_f .

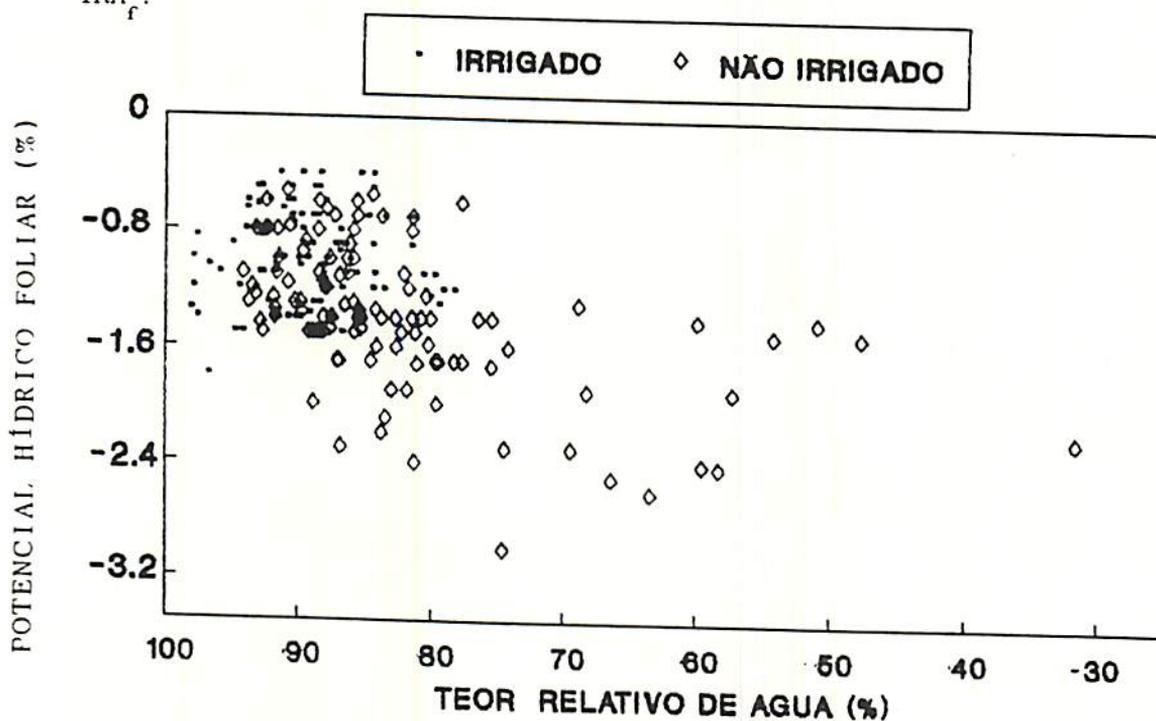


Fig. 2- Correlação entre o Teor Relativo de água e o Potencial Hídrico foliar de plantas irrigadas e não irrigadas.

As variações ocorridas no ψ_f foram muito mais acentuadas que as do TRA_f , mostrando uma maior sensibilidade do ψ_f às variações do ambiente, o que sugere uma alta dependência deste potencial com o fluxo de água na planta. Esta sugestão é corroborada por RESNIK & MENDES (1979), que, trabalhando com o clone FX-2361, observaram os menores valores de ψ_f coincidindo com as horas de maior fluxo transpiratório, tanto em plantas irrigadas como em plantas estressadas, devido a perda de água por transpiração, que causa um abaixamento no potencial de turgescência das células guardas (LUDLOW, 1980).

Ao comparar-se o TRA_f das plantas estressadas, de cerca de 60% observado ao final do experimento (Figura 1), com os valores de déficit crítico de saturação entre 50 e 60% observados por ROCHA NETO *et alii* (1983) em 2 clones de seringueira, conclui-se que as plantas não tolerariam uma maior desidratação, o que inclusive foi confirmado, pois algumas plantas já demonstravam sinais de uma murcha severa no fim do período de estresse.

Os valores do ψ_f variaram muito, sugerindo que, para esse caso, o TRA_f pode ser um indicador mais seguro do estado hídrico das plantas (SINCLAIR & LUDLOW, 1985). Porém segundo TURNER (1986), o conteúdo relativo de água pode variar entre as espécies, sendo difícil determinar se um certo teor de água representa um determinado grau de estresse hídrico. Porém ao trabalhar-se com uma espécie única e sendo a metodologia empregada rigorosamente, os resultados do TRA_f e ψ_f quando comparados, fornecem bons indicativos do estado das plantas.

4.1.2. Condutância estomática e transpiração.

As plantas não irrigadas começaram a apresentar, aos 13 dias após o início da suspensão da rega, um fechamento estomático em relação às plantas irrigadas (Figura 3). Percebe-se que à semelhança do ψ_f (Figura 1), os valores da condutância estomática e da transpiração variaram muito durante o período. Esse fato pode ser explicado pela influência dos vários fatores ambientais, como o déficit de pressão de vapor da atmosfera (DPV) e radiação (Figura 4), verificado nesses processos (WINKEL & RAMBAL, 1990; WHITEHEAD *et alii*, 1981; JONES, 1983; ROBERTS *et alii*, 1984), conforme está discutido no item 4.1.3..

Ao correlacionar-se a transpiração com a condutância estomática (Figura 5), nota-se que que ela existe, porém é maior nas plantas não irrigadas. Isso sugere que nas plantas irrigadas normalmente, uma alta condutância estomática nem sempre é acompanhada de uma alta taxa transpiratória, pois ela é dependente de vários outros fatores micro-climáticos (radiação, DPV), desde que o solo esteja bem suprido de água. Porém, para as plantas não irrigadas, o que se percebe é um aumento no coeficiente de correlação, com o desenvolvimento do déficit hídrico. Isto sugere que a abertura estomática das plantas, quando o solo está com baixa disponibilidade de água, não é regulada somente por elementos microclimáticos, também, por outros fatores internos à planta, possivelmente através da ação de hormônios nos estômatos (ZHANG & DAVIES, 1989).

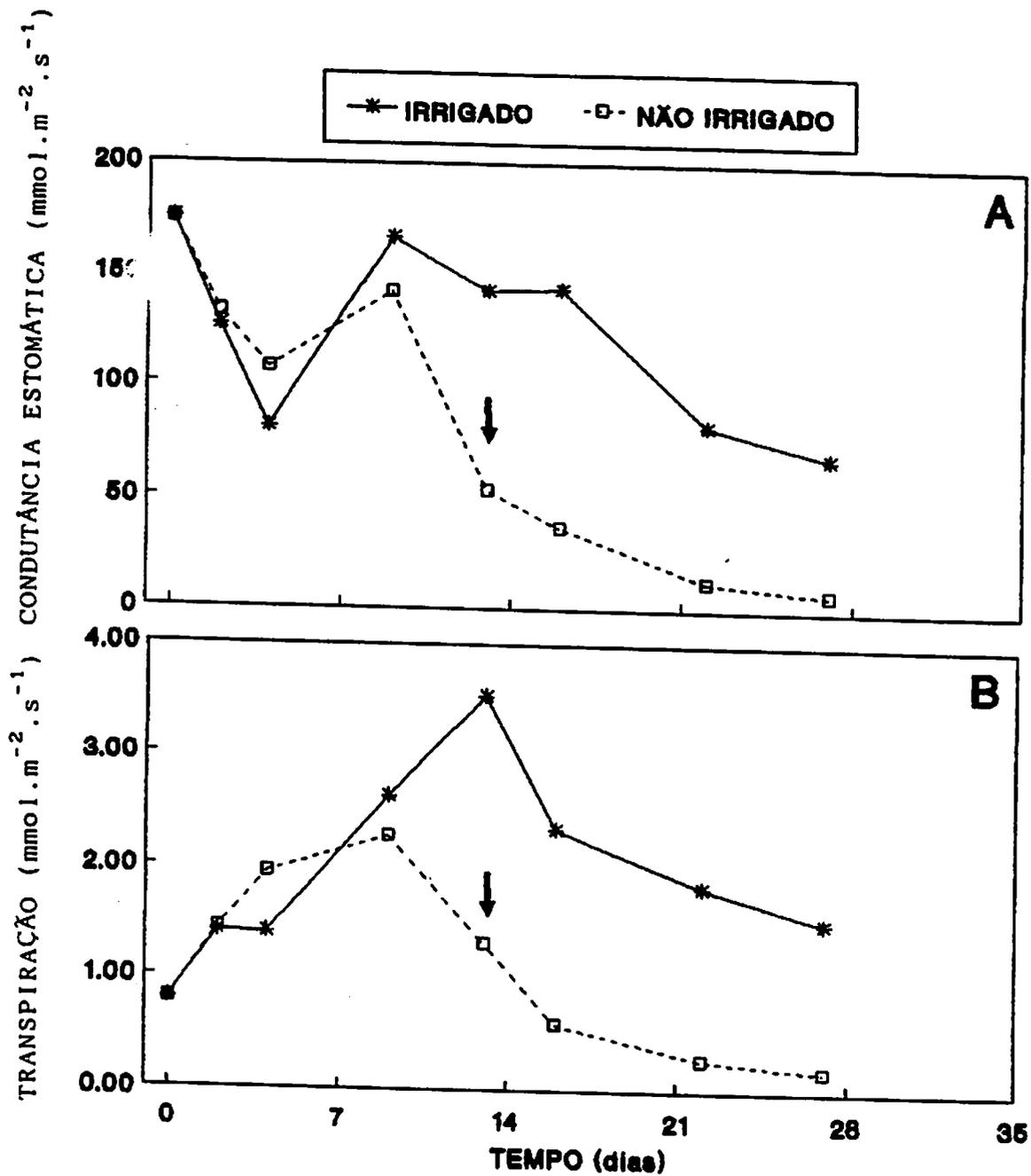


Fig. 3- Condutância estomática (A) e transpiração (B) de plantas irrigadas e não irrigadas durante o período de aplicação dos regimes hídricos. (Média de 16 plantas). A seta indica o dia em que os valores diferiram estatisticamente.

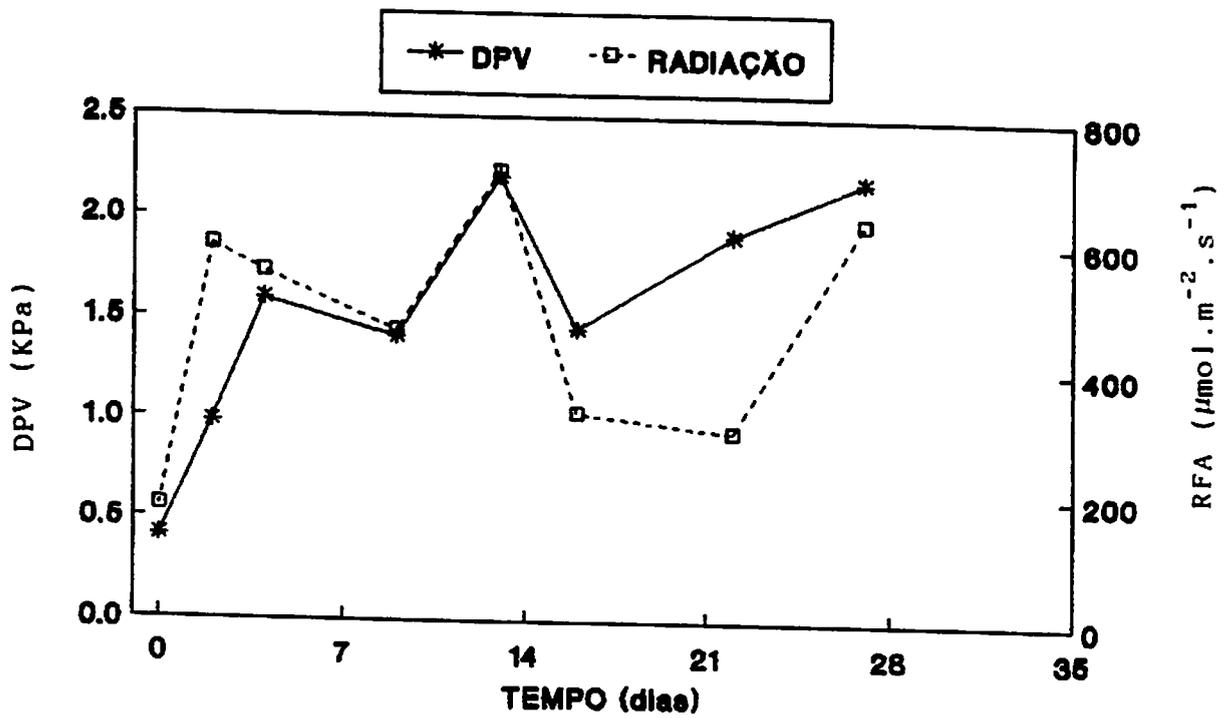


Fig. 4- Déficit de Pressão de Vapor do ar (DPV) e Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA) (400-700nm) durante o período de aplicação dos regimes hídricos. (Média de 32 avaliações)

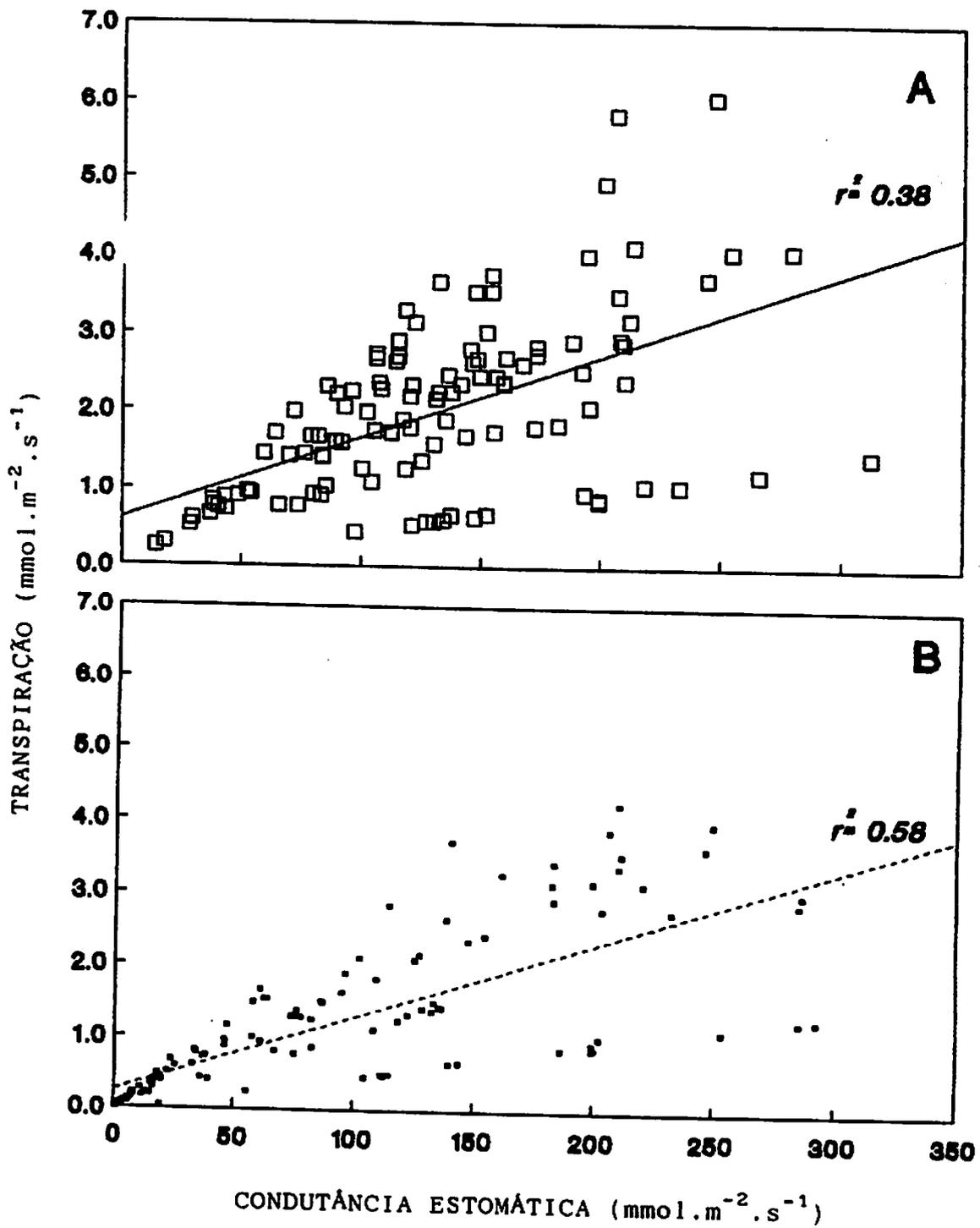


Fig. 5- Correlação entre condutância estomática e transpiração em plantas irrigadas (A) e não irrigadas (B). Dados referentes a 112 avaliações.

Ao comparar-se o TRA_f , ψ_f , condutância estomática e transpiração em conjunto, percebe-se que o fechamento estomático ocorreu anteriormente às quedas observadas no TRA e ψ_f . O fechamento estomático é um eficiente mecanismo de controle da perda de água (TURNER, 1986). Concordando com essa afirmação, CONCEIÇÃO *et alii* (1985) observaram, em seringueiras estressadas, um fechamento estomático intenso à valores de ψ_f de -1,5 MPa, e que, antes disso, o fechamento foi lento. Foi observado também que o murchamento foliar ocorreu quando o ψ_f atingiu valores entre -2,5 e -3,2 MPa.

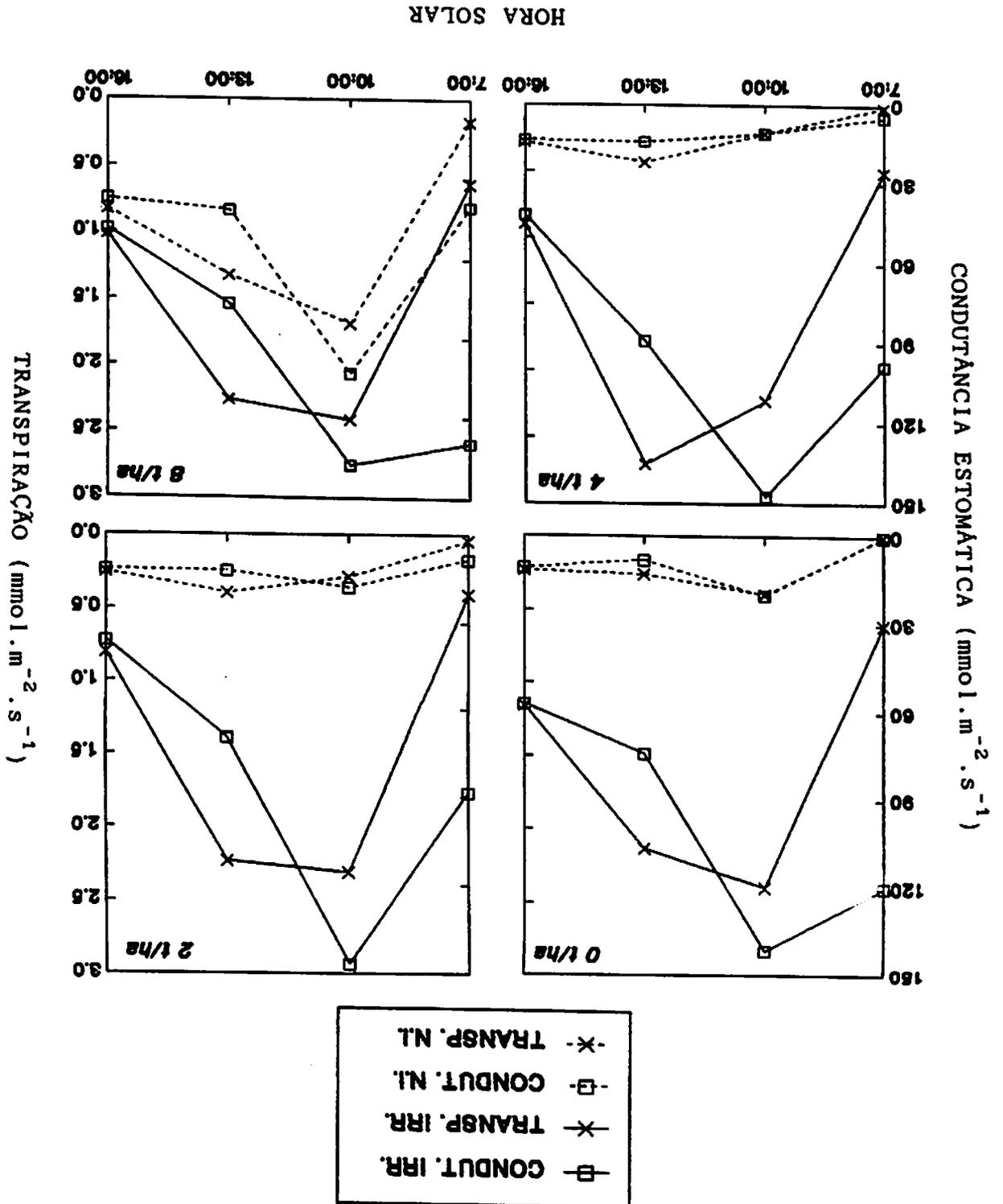
Existem evidências de que o fechamento estomático pode ocorrer à uma pressão de turgescência zero, podendo a mesma atuar como a transferidora desse estímulo (TURNER, 1986). Entretanto, SAAB & SHARP (1989), observaram em milho valores significativos de condutância e taxas de fotossíntese líquida a zero de turgescência foliar.

Há evidências sugerindo que a raiz pode atuar como uma sensora primária do déficit hídrico no solo, transferindo um estímulo para a parte aérea, (PIERCE & RASCHKE, 1980; BLACKMAN & DAVIES, 1985; ZHANG & DAVIES, 1989; HENSON, 1985, 1983; GOLLAN & PASSIORA, 1986; BATES & HALL, 1981) que pode levar a uma síntese e/ou acúmulo no nível endógeno do ácido abscísico (ABA), no mesófilo, atuando como um potente efator positivo do fechamento estomático (ROBERTSON *et alii*, 1990; GRANTZ & SHWARTZ, 1988). Os resultados sugerem que o mesmo pode ter ocorrido nesse experimento, apesar do teor de ABA não ter sido avaliado.

4.1.3. Curso diurno da condutância estomática e da transpiração.

Onze dias após a suspensão da irrigação, foi feita uma evolução do curso diurno do comportamento estomático das plantas. A Figura 6 mostra que as plantas não irrigadas, nas doses de 0, 2 e 4 t/ha de gesso, praticamente não abriram seus estômatos, mantendo os valores de transpiração e condutância estomática muito baixos durante todo o dia. Esses valores provavelmente têm como origem a difusão cuticular (JONES, 1983). Entretanto, na dose de 8 ton/ha de gesso, as plantas apresentaram taxas de transpiração e de condutância elevadas mesmo quando não irrigadas. Essas observações sugeriram um efeito benéfico do gesso no crescimento radicular. Porém quando a matéria seca de raízes desse tratamento foi avaliada (Resultados apresentados no item 4.1.5), observou-se que isso não ocorreu. Provavelmente, o solo, no momento da avaliação, não apresentava potenciais hidricos muito baixos, não havendo portanto limites à transpiração. Essa diferença pode ter origem também na variabilidade genética das plantas, possivelmente influenciando nas taxas transpiratórias, e conseqüentemente na quantidade de água disponível no solo. Observa-se que a transpiração e a condutância estomática acompanharam, pelo menos até um certo limite, as variações diárias do DPV e RFA (Figura 7).

Fig. 6- Evolução diurna da condutância estomática e da transpiração de plantas irrigadas e não irrigadas nas diferentes doses de gesso. (Medida de 4 plantas). Avaliação feita aos 11 dias após a suspensão da irrigação.



Nas plantas irrigadas nota-se pela Figura 6, que no início da manhã a condutância estomática é alta, ao passo que a taxa transpiratória não. A baixa transpiração pode ser explicada pela baixa demanda evaporativa da atmosfera (Figura 7), encontrada nas primeiras horas da manhã, enquanto que a alta condutância estomática, pode ser explicada pela abertura estomática que é influenciada pela radiação (ASSMANN & GRANTZ, 1990; KIRSHBAUN *et alii*, 1988; SCHULZE, 1986).

Corroborando com essa observação, BEADLE *et alii*, (1985), trabalhando com *Pinus*, notaram que o principal determinante da condutância estomática era o DPV, exceto durante o amanhecer e o entardecer, quando controle da condutância estomática era exercido pela radiação e pela temperatura. Percebe-se ainda que a taxa transpiratória e a máxima condutância ocorrem no período compreendido entre 10:00-13:00 hs, o que demonstra uma alta correlação desses fatores com a radiação e com o DPV.

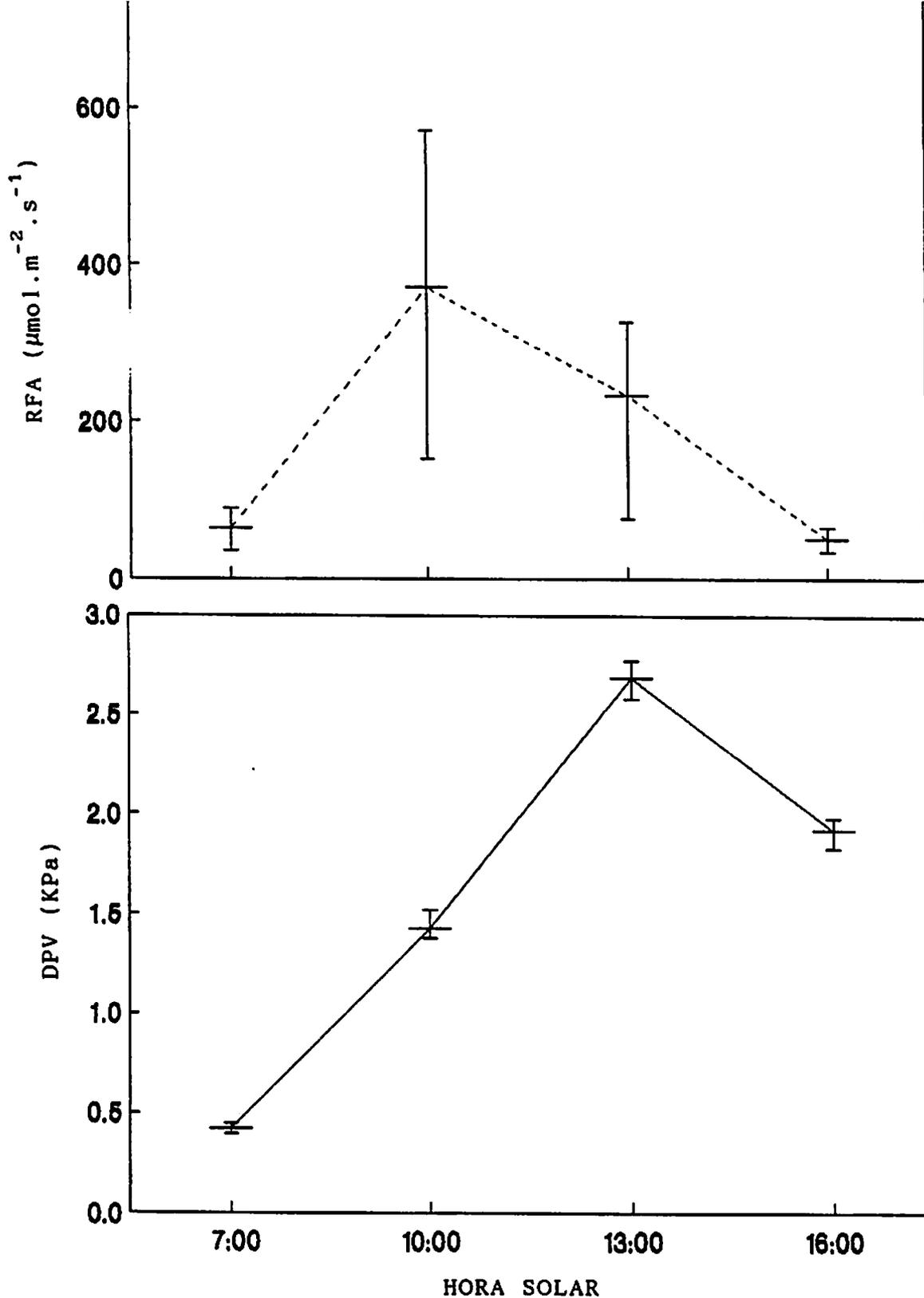


Fig. 7- Condições microclimáticas observadas aos 11 dias após a suspensão da irrigação (Média de 32 avaliações). As barras mostram o maior e o menor valor observado para as variáveis.

Com o objetivo de confirmar essa observação, foi feita uma correlação entre DPV e condutância, considerando todas as observações realizadas, obtendo, porém, uma baixa relação linear. Contudo, ao considerar-se determinadas faixas de radiação em função do horário, foram obtidas correlações lineares satisfatórias entre a condutância e o DPV (Quadro 2).

Quadro 2 - Correlação entre DPV e condutância estomática das plantas irrigadas.

Faixa de radiação.	Equação	r^2
30-50 $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$	$y=105.786- 50.0423X$	-0.90263
51-80 "	$y=133.876- 32.3395X$	-0.45760
100-600 "	$y=214.613- 50.0423X$	-0.94389

Y- DPV, X- Condutância estomática.

Uma vez que a condutância estomática depende de diversas variáveis que se modificam ao longo do dia, uma dispersão de dados muito grande é obtida quando suas medições de campo são consideradas em relação a uma única variável (JONES, 1983). A sensibilidade da condutância à uma variável normalmente não corresponde à esperada devido a interação com outras variáveis. Logo, respostas nítidas podem ser obtidas quando os outros fatores são relativamente constantes. WHITEHEAD *et alii* (1981) trabalhando com duas espécies tropicais na Nigéria obtiveram resultados semelhantes, fixando não apenas faixas de radiação como também de temperatura e DPV.

Analisando o coeficiente de correlação (r^2), entre o DPV e a condutância estomática (Quadro 2) verifica-se que ele é negativo, mostrando com isso que para essas determinadas faixas de radiação um DPV maior, induz a um fechamento estomático. Nota-se, também, que as maiores condutâncias ocorreram nas faixas de radiação mais altas. ROBERTS *et alii*, (1990), trabalhando com essências florestais na Amazônia, observaram esse mesmo efeito em algumas espécies, sendo que na espécie *Piptadeni suaveolens*, as maiores condutâncias, como também a resposta mais marcante ao DPV ocorria nas faixas mais altas de radiação.

Adotando-se o mesmo procedimento para a transpiração, obteve-se uma correlação satisfatória somente quando a faixa de radiação fixada era de 51 a 80 $\mu\text{mol.s}^{-1}.\text{m}^{-2}$ (Quadro 3). Essa baixa correlação entre a transpiração e o DPV em presença, principalmente, de alta radiação, pode ser atribuída a outros fatores que estariam afetando a transpiração. Entre eles, o ψ_f , através do seu componente de pressão de turgescência, que, quando baixo, nas células guardas, pode induzir a um fechamento estomático (LUDLOW, 1980). Essas observações sugerem que a seringueira possui um comportamento transpiratório *feedforward* em relação ao DPV; caso contrário a transpiração continuaria aumentando até que o DPV caísse. Esse tipo de comportamento é o mesmo apresentado pelos estômatos da soja (ASSMANN & GRANTZ, 1990).

Quadro 3- Correlação entre DPV e Transpiração em plantas irrigadas.

Faixa de radiação	Equação	r ²
30-50 $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$	$Y=0.6694+ 0.9501X$	0.28272
51-80 "	$Y=0.3813+ 1.3047X$	0.55110
100-600 "	$Y=2.3383+ 0.00193X$	0.00006

Y - DPV, X- Transpiração.

4.1.4. Temperatura Foliar.

Ocorreu um pequeno aumento entre as diferenças da temperatura foliar de plantas irrigadas e não irrigadas (Figura 8). Se comparados o momento em que ocorreu o fechamento dos estômatos (Figura 3) com o aumento na temperatura foliar nota-se que esses dois parâmetros estão relacionados, pois, dentre outras funções, a transpiração é um fenômeno de troca de calor latente entre a planta e o meio. A partir do momento em que há um fechamento dos estômatos para manter a turgescência e limitar portanto a perda de água, a energia disponível para a transpiração será utilizada para o aumento da temperatura foliar.

Observa-se, porém, que o aumento ocorrido na temperatura foliar da seringueira foi muito pequeno, se comparado ao observado por FREIRE (1990), que, trabalhando com feijão, observou aumentos diferenciais na temperatura foliar de até 4 °C

entre plantas irrigadas e não irrigadas aos quatro dias após a suspensão da irrigação. Isso sugere que a seringueira deve possuir mecanismos para dissipar o calor ou evitar a radiação incidente. Uma possível estratégia para tal, seria o aumento da reflectância através do acúmulo de cera epicuticular, como a encontrada nas folhas de *Hevea* (GOMES & KOZLOWSKI, 1988; GURURAJA RAO *et alii*, 1988).

Normalmente a temperatura foliar representa uma resposta integrada da planta às condições do ambiente, como também ao conteúdo de água no solo (JACKSON *et alii*, 1981; IDSO *et alii*, 1977; TANNER, 1963; GATES, 1963; CHOUDHURY & FEDERER, 1984). Porém, nesse caso, o seu aumento, nas plantas não irrigadas, foi muito pequeno e com isso a avaliação da temperatura foliar da seringueira pode não ser um indicador muito eficiente e seguro das condições hídricas do solo. As oscilações observadas na temperatura foliar (Figura 8) são devidas às variações micro-climáticas do período (Figura 4).

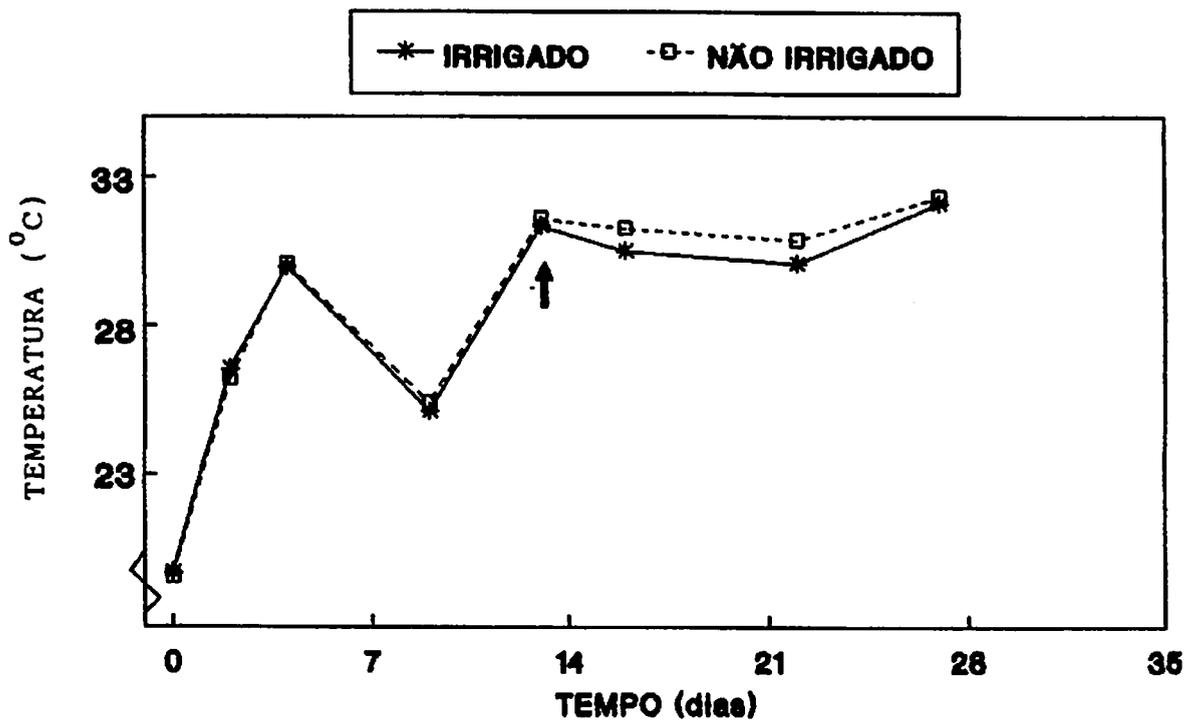


Fig. 8- Temperaturas foliares das plantas irrigadas e não irrigadas durante o período de aplicação dos regimes hídricos (Média de 16 plantas). A seta mostra o dia em que o fechamento estomático foi observado.

4.1.5. Crescimento em altura e Taxa de Crescimento relativo.

O crescimento das plantas em altura durante o período de aplicação dos regimes hídricos não foi influenciado pelas diferentes doses de gesso. As diferenças ocorridas foram apenas entre plantas irrigadas e não irrigadas (Figura 9). Nota-se que a partir dos sete dias de suspensão da irrigação, as plantas não irrigadas diminuíram o seu crescimento em altura. A diminuição na taxa de crescimento tem como causa principal a diminuição da turgescência celular. Entretanto, observa-se que o TRA_f (Figura 1) manteve-se com valores altos, semelhantes ao do controle, até os 20 dias. Logo, a turgescência celular não poderia, sozinha, explicar a diminuição do crescimento.

Uma explicação para a diminuição do crescimento provocada pelo déficit hídrico foi dada por NONAMI & BOYER (1990a e 1990b), trabalhando com plantas de soja. Foi observado que o evento primário, regulador do crescimento, nas plantas estressadas, foi a diminuição ocorrida no gradiente de potenciais hídricos existente entre o xilema e as células em expansão. Tal diminuição ocorreu devido à queda do potencial hídrico do xilema mantendo o gradiente para a absorção da água no solo, atuando possivelmente como o precursor das respostas metabólicas observadas, tais como altos teores de ABA.

De maneira geral as taxas de crescimento relativas (TCR) das plantas irrigadas e não irrigadas, nas diferentes doses de gesso, variaram muito quando comparadas entre os intervalos semanais (Figura 10). Porém, ao calcular-se a TCR para o período

de aplicação dos regimes hídricos, percebe-se que os valores, para as plantas irrigadas, foram muito próximos (Quadro 4). Nas plantas não irrigadas, as diferenças encontradas nas TCR, possivelmente têm origem nos lançamentos que na época da aplicação dos regimes hídricos, possuíam idades e taxas de crescimento diferentes.

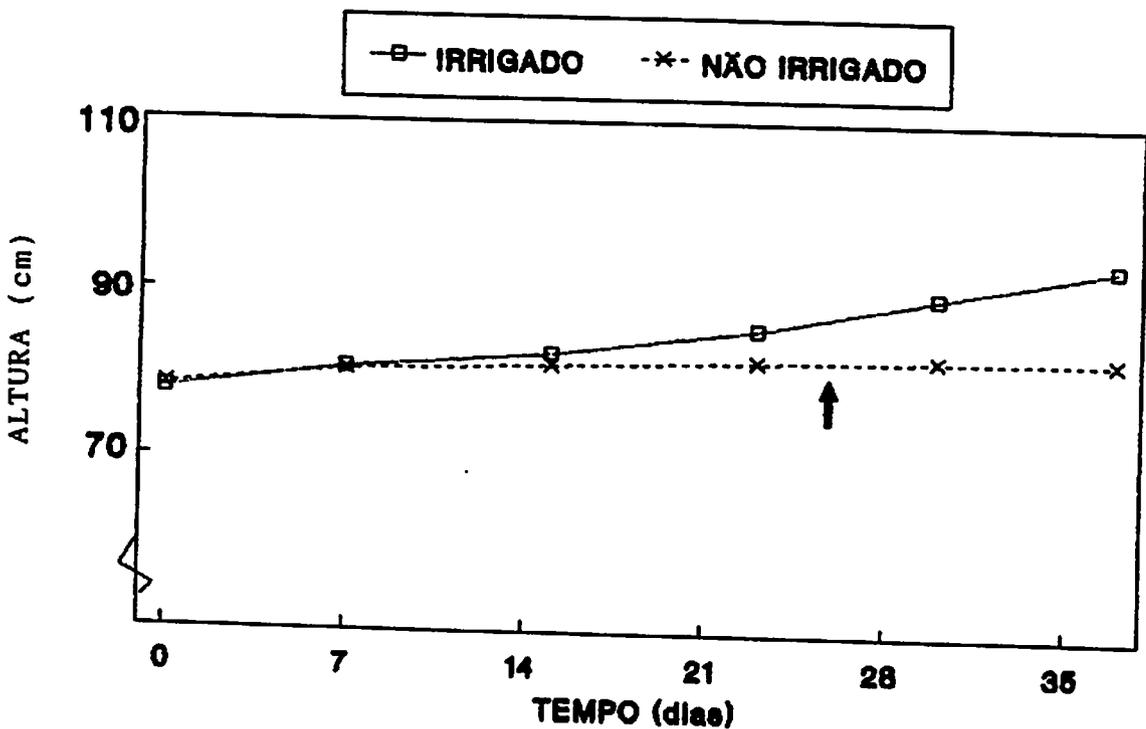


Fig. 9 - Altura das plantas irrigadas e não irrigadas durante o período de aplicação dos regimes hídricos. (Média de 16 plantas). A seta indica o dia em que o TRA_f diferiu entre as plantas irrigadas e as não irrigadas.

Quadro 4 - Taxas de crescimento relativo em altura ($\text{cm.cm}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) médias no período de aplicação dos regimes hídricos.

gesso (t/ha)	TCR x 10 ⁻³	
	irrigado	não irrigado
0	5.32	0.45
2	4.02	1.39
4	5.57	1.45
8	5.31	2.58

Observa-se nas plantas irrigadas uma queda na TCR (Figura 10) durante os primeiros dias de período experimental, seguido de um aumento posterior. Essa queda foi provavelmente devida ao tipo de crescimento apresentado pela seringueira, o qual consiste em uma fase de rápido crescimento, seguida por uma de inatividade na qual as plantas expandem suas folhas (BORCHERT, 1973).

Nas plantas não irrigadas, ocorre também uma queda na TCR (Figura 10) logo nos primeiros dias de imposição do déficit hídrico. Essa queda, no início da imposição do déficit hídrico, tem como origem o tipo de crescimento apresentado pela seringueira, porém após 14 dias de suspensão da irrigação, a TCR não aumenta, mostrando a importância da água para o crescimento vegetal e demonstrando a sensibilidade que o crescimento da seringueira apresenta ao déficit hídrico, ainda que ele não esteja aparente. Essa observação concorda com as obtidas por NONAMI & BOYER (1990a e 1990b).

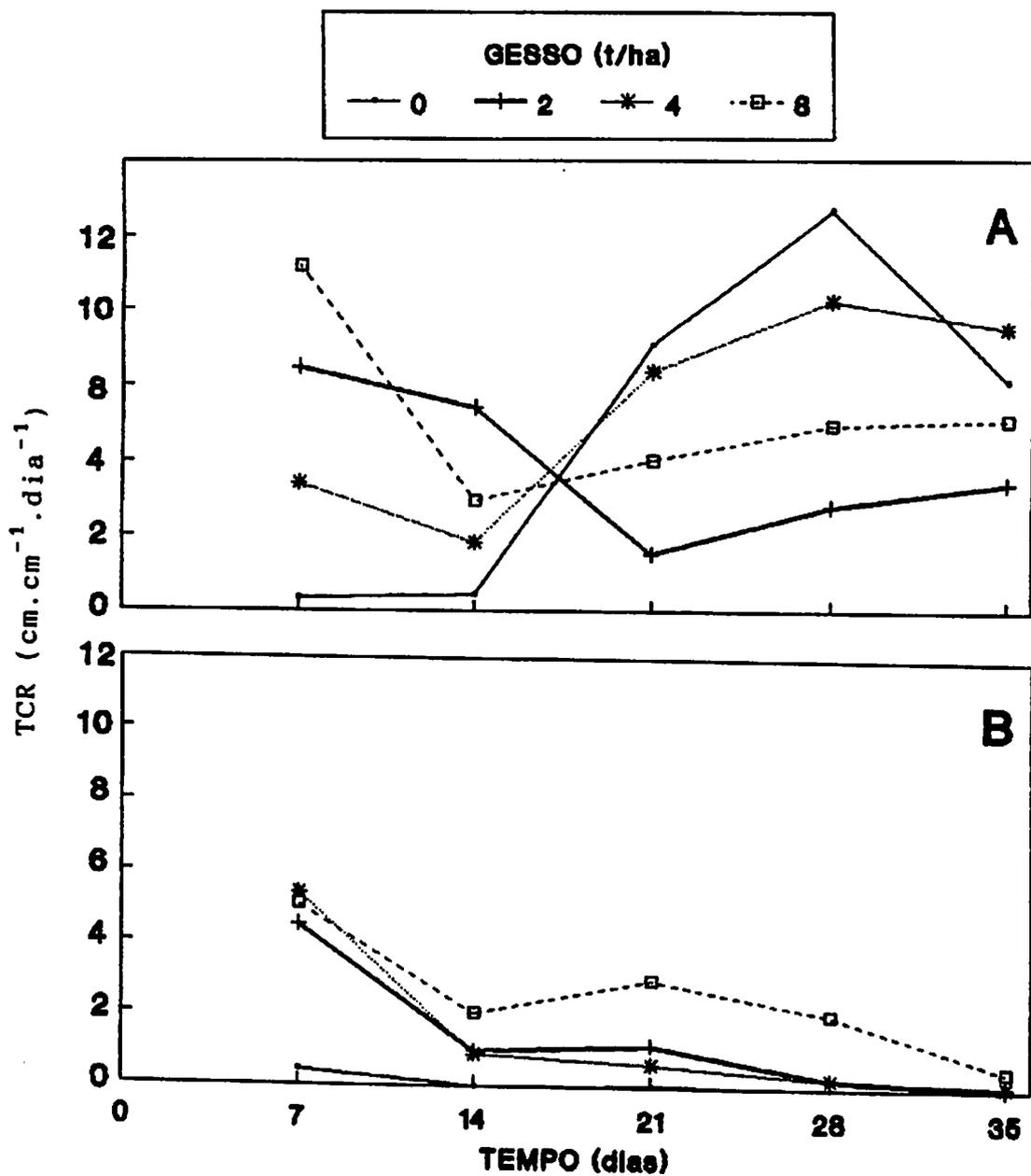


Fig. 10- Taxa de Crescimento Relativo em altura das plantas irrigadas (A) e não irrigadas (B) durante o período de aplicação dos regimes hídricos. (Média de 4 plantas).

A expansão da área foliar depende fundamentalmente do nível de umidade que o solo apresenta na época em que ela ocorre. Para avaliar-se os efeitos do déficit hídrico sobre a mesma, foi calculada a taxa de expansão foliar das plantas nos diferentes níveis de gesso. Considerando que elas não apresentaram diferenças (dados não apresentados), optou-se pela apresentação dos valores médios das plantas irrigadas e das não irrigadas que foram entre 0.24 e 0.30 $\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$. Porém, os lançamentos foliares surgiram em dias diferentes e sendo o crescimento vegetal também influenciado pelos fatores micro-climáticos, que variaram durante o período (Figura 5), ficou difícil comparar as taxas entre si. Outro possível fator de influência sobre a uniformidade da expansão foliar é o papel inibidor que o meristema apical exerce sobre as folhas (PITA *et alii*, 1986/87).

As plantas não irrigadas que estavam lançando folhas por ocasião da indução do déficit, atrasaram a mudança de estágio foliar relativamente àquelas irrigadas normalmente, coincidindo com o observado por BORCHERT (1973) em seringueira. Concordando com essas observações, KUANG *et alii*, (1990), em trigo e tremoço, observaram que a expansão foliar estava mais relacionada com o potencial hídrico do solo, do que com a turgescência celular, que, no caso das plantas estressadas, foi mantida artificialmente pela aplicação de pressão no sistema radicular, mantendo o ψ_f com valores altos. Ainda assim, as folhas se ajustaram osmoticamente e tiveram suas taxas de expansão foliar reduzidas possivelmente através da ação do ácido abscísico produzido nas raízes.

Concordando com o observado, PITA *et alii* (1986/87), trabalhando com *H. brasiliensis* e *H. pauciflora*, e ROSENTHAL *et alii* (1987) com *Sorghum bicolor* e *Gossypium hirsutum* observaram uma redução na expansão foliar dessas espécies quando submetidas a uma condição de déficit hídrico. Foi observada para *Hevea* um aumento no número de folhas nos lançamentos das plantas estressadas, bem como a sua diminuição em tamanho. Esse efeito foi atribuído a perturbações da gema apical motivadas pelo déficit hídrico. Por outro lado, CONCEIÇÃO *et alii* (1986) observaram diminuições no número de folhas dos vários clones de seringueira, submetidos a um déficit hídrico.

4.1.6. Produção e distribuição de matéria seca da parte aérea e das raízes.

Não ocorreram diferenças significativas na produção de matéria seca da parte aérea entre os níveis de gesso. As diferenças foram significativas apenas entre plantas irrigadas e não irrigadas (Figura 11). Entretanto no caso de raízes (Figura 11) e da matéria seca total (Figura 12), a interação regime hídrico e níveis de gesso foi significativa.

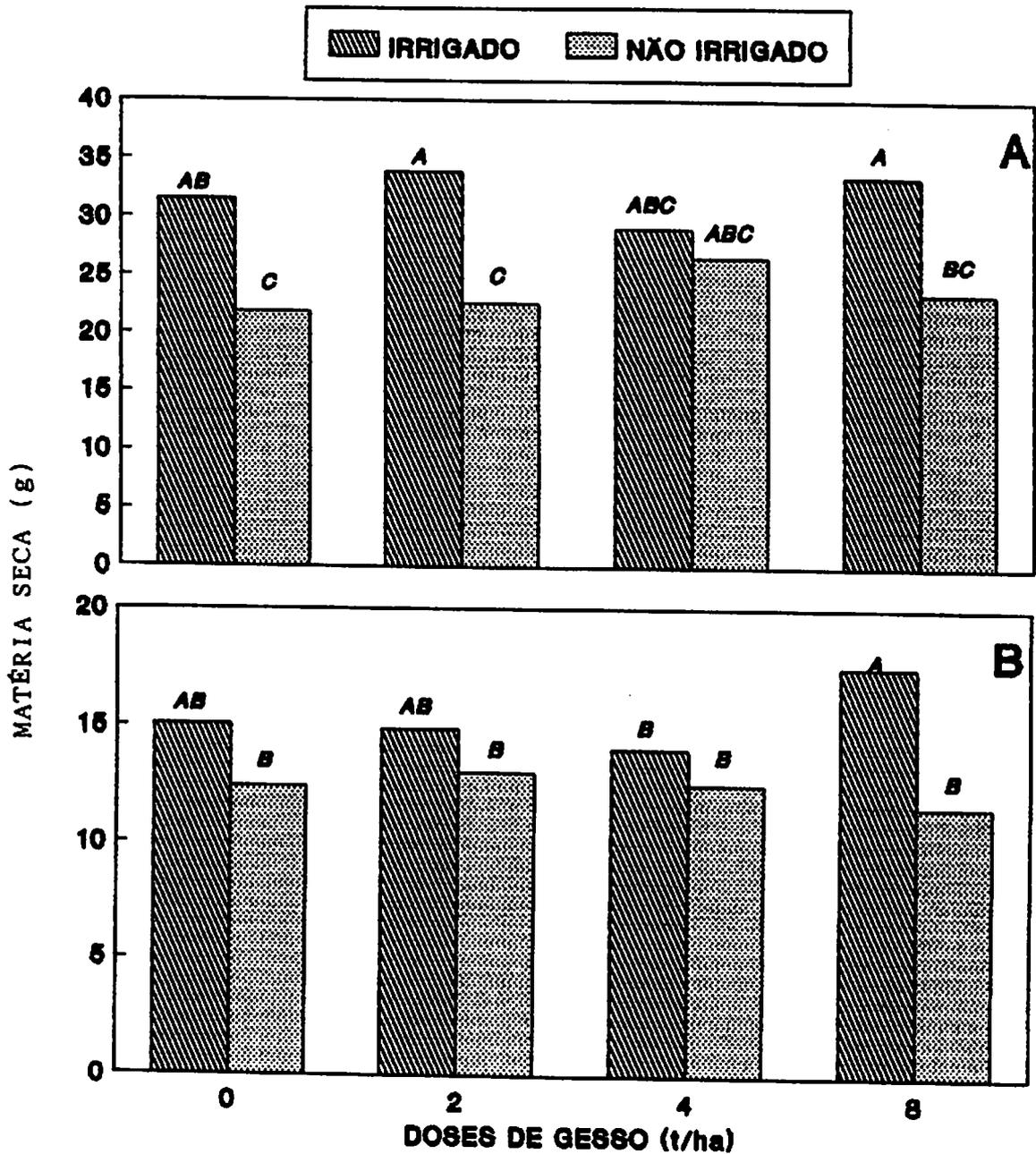


Fig. 11- Produção de matéria seca da parte aérea (A) e das raízes (B) em plantas irrigadas e não irrigadas nas diferentes doses de gesso (Média de 4 plantas). Letras iguais significam que as médias não diferiram significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.

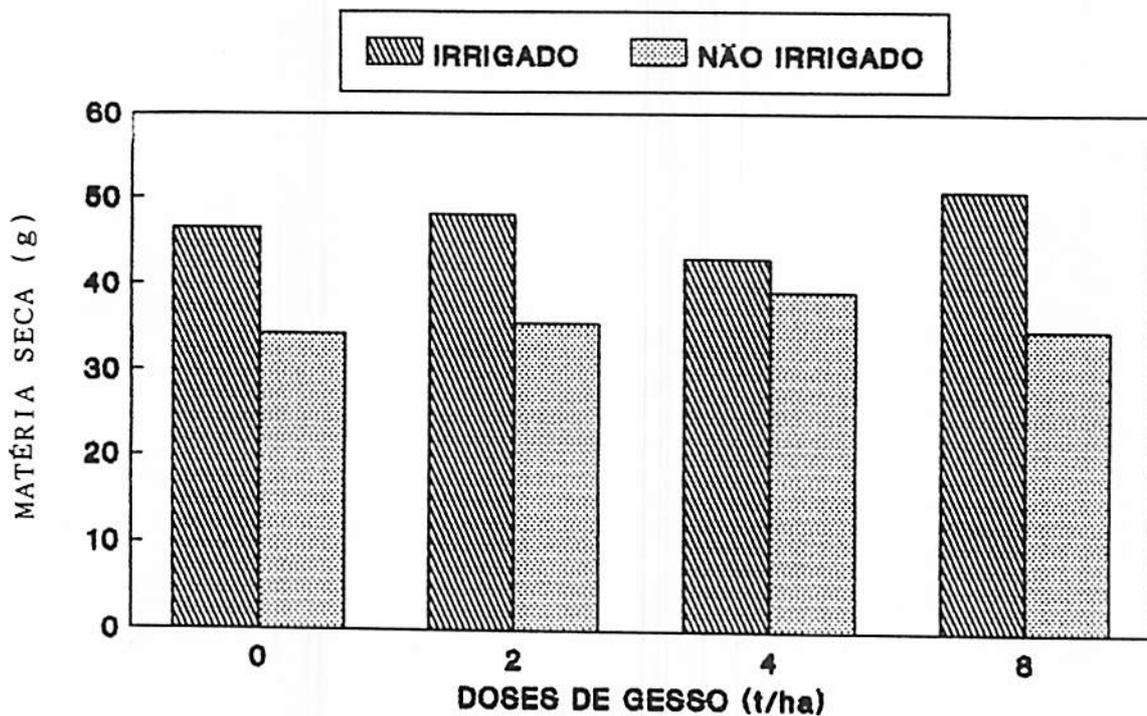


Fig. 12- Produção de matéria seca total de plantas irrigadas e não irrigadas nas diferentes doses de gesso. (Média de 4 plantas)

A diminuição média na produção de matéria seca das plantas não irrigadas em comparação as não irrigadas foi de 26% para a parte aérea, 18% para raízes e 24% para a matéria seca total. Ao considerar-se apenas a produção de folhas, descartando-se o caule e os pecíolos, a queda média ocorrida nas plantas não irrigadas foi de 28% (Figura 13). Adotando mesmo

procedimento para as raízes, descartando-se a raiz pivotante, a queda média nas raízes secundárias das plantas estressadas foi de 12% (Figura 13). Entretanto, ao considerar a queda média na produção de raízes pivotantes, observou-se que ela foi maior, 26% (Figura 13). Esse dados sugerem que as plantas não irrigadas diminuíram tanto o crescimento da parte aérea, como das raízes, porém, sugerem que ocorreu um maior particionamento de fotoassimilados para as raízes, principalmente para as raízes secundárias que são as mais eficientes na absorção de água e nutrientes. Essa sugestão pode ser reforçada também ao analisar-se a maior queda na produção de matéria seca das raízes pivotantes, que têm como principal função a sustentação física da planta.

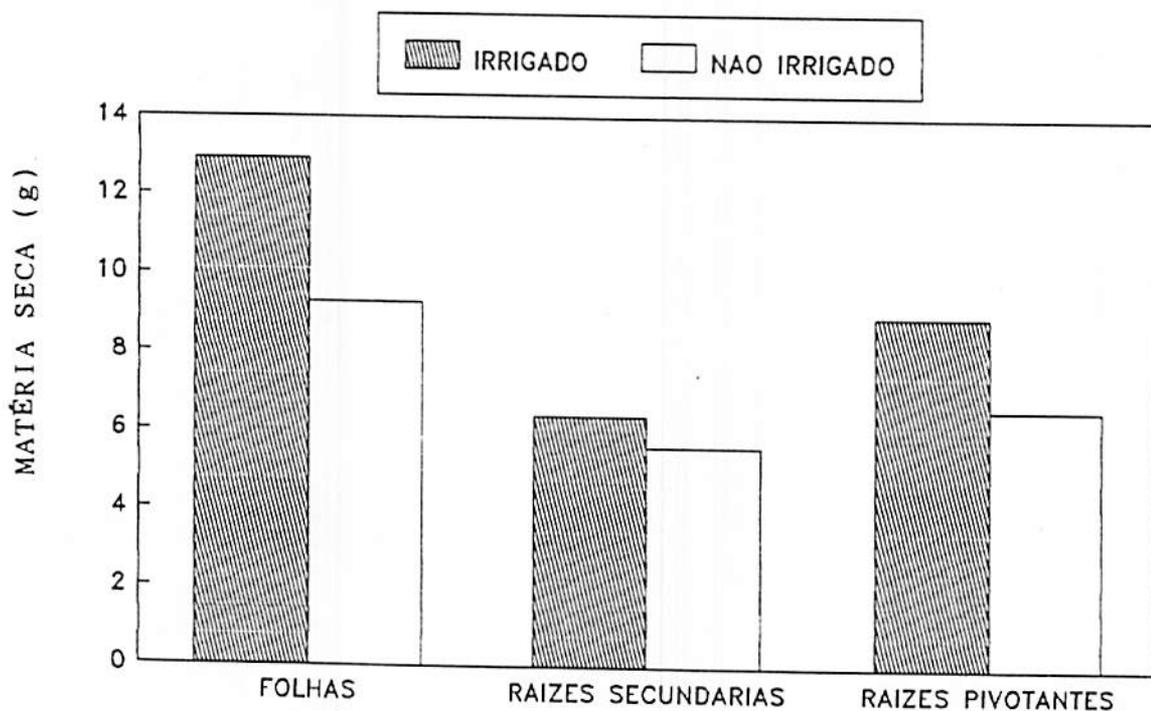


Fig. 13- Produção média de matéria seca de folhas, raízes secundárias e raízes pivotantes de plantas irrigadas e não irrigadas. (Média de 16 plantas).

Após analisar-se o período em que essas diferenças surgiram, que foi de 36 dias (período de aplicação dos regimes hídricos), e que essas plantas possuíam 8 meses de idade, pode-se afirmar que um déficit hídrico, em um período de crescimento intensivo, tem um grande efeito no desenvolvimento das plantas, mostrando que apesar de apresentar uma certa tolerância ao déficit hídrico, a seringueira apresenta uma sensibilidade à falta de água, pelo menos quando jovem, e que o estresse hídrico pode atrasar o seu desenvolvimento.

De modo geral, pode-se afirmar que a seringueira não respondeu aos tratamentos de gesso, no sentido de aprofundar o sistema radicular (Figura 14 e 15), o que pode ser confirmado pela queda na produção de matéria seca das raízes pivotantes e pelo aumento na de raízes secundárias (Figura 13 e 15). As raízes não se aprofundaram possivelmente por dois motivos. Uma causa provável, já citada anteriormente, é que as raízes pivotantes tiveram o seu crescimento restringido em favor das raízes secundárias. Uma outra causa seria, que, apesar do cálcio ter se movimentado em profundidade, não foi além da camada de 40 cm. Com isso, o sistema radicular concentrou-se nas camadas iniciais do solo, mais férteis e mais ricas em matéria orgânica. Entretanto, um aprofundamento do sistema radicular de eucalipto foi observado por REIS & HALL (1987) no campo em condições de déficit hídrico. Por outro lado, SQUIRE *et alii* (1987) trabalhando com *Pinus radiata*, observaram que o estresse hídrico reduziu o crescimento radicular. BRAGA (1991) não observou um aprofundamento do sistema radicular de eucalipto com um aumento

nas doses de gesso.

Uma explicação para a ausência de resposta ao tratamento da gessagem pode ser dada por SOUSA (1991) e BUENO (1987) que trabalhando com seringueira, encontraram que ela é tolerante ao alumínio, porém DELÚ FILHO *et alii* (1989) mostraram que existe uma grande variabilidade entre as plantas de seringueira a este cátion.

Estudando-se a distribuição percentual da matéria seca das raízes nas três camadas do solo distintas (Figura 14), percebe-se que, apesar do pequeno aumento observado, nas plantas não irrigadas ele não foi significativo. Como o período de estresse foi pequeno, talvez não tenha havido tempo suficiente para que as possíveis diferenças surgissem.

Em um experimento com milho, SHARP *et alii* (1990) verificaram que as raízes das plantas continuavam a crescer, mesmo sob condições de déficit hídrico. Esse crescimento contínuo, ainda que lento, foi atribuído ao ajustamento osmótico ocorrido no meristema radicular, e que o acúmulo de hexoses e de sacarose tinham relação direta com isso.

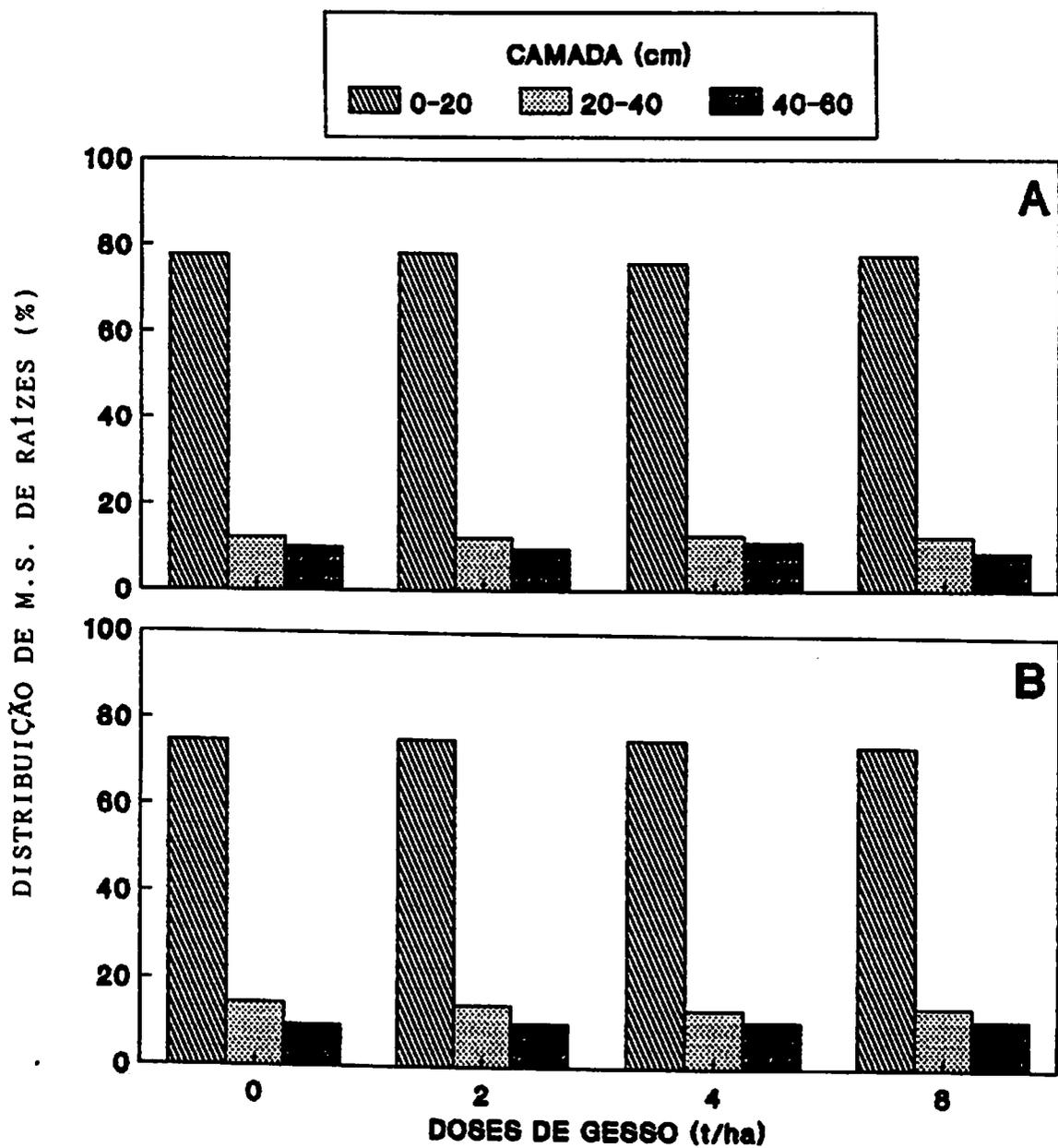


Fig. 14- Distribuição percentual da matéria seca de raízes de plantas irrigadas (A) e não irrigadas (B), cultivadas em diferentes doses de gesso, nas três camadas do solo. (Média de 4 plantas)

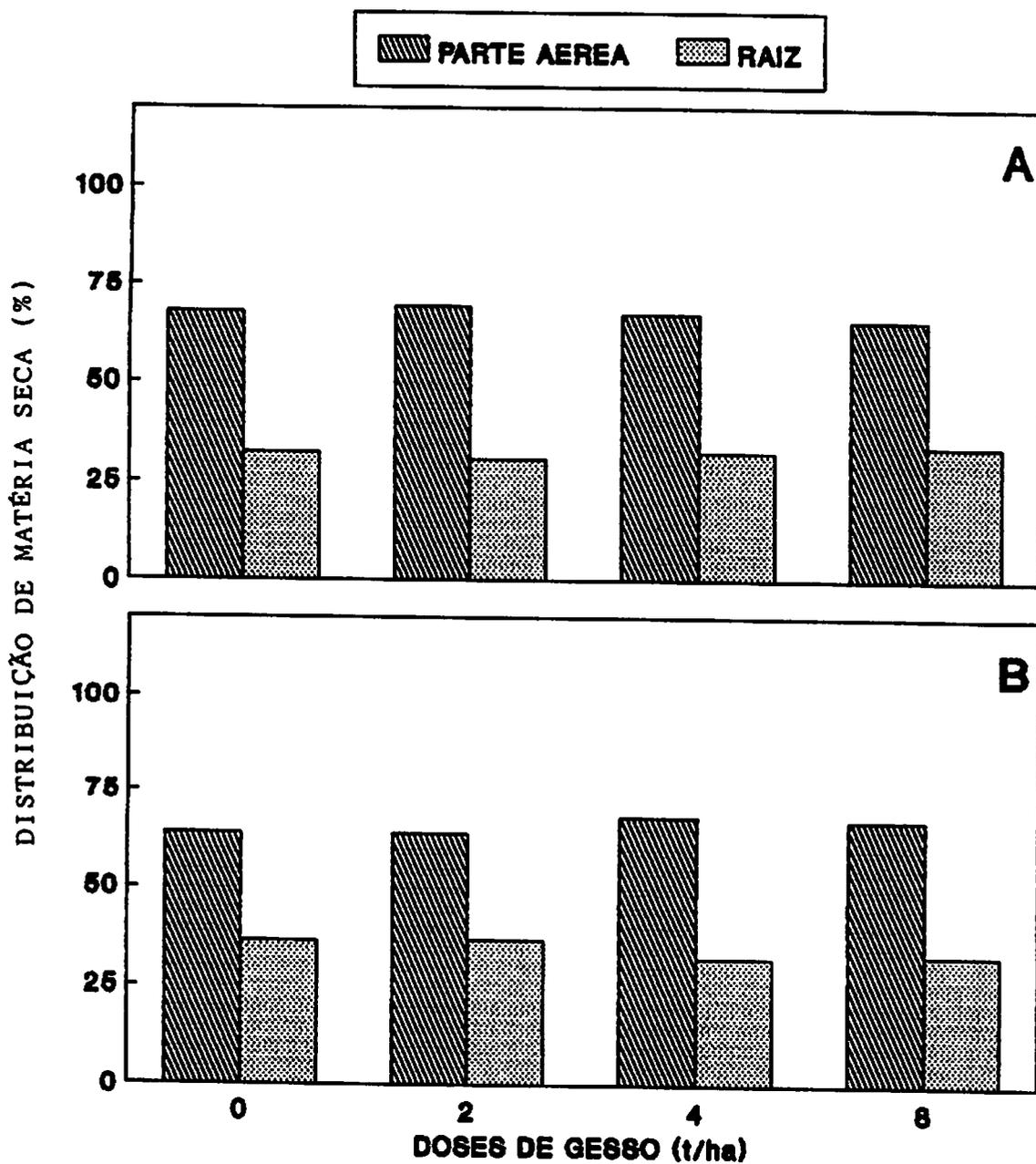


Fig. 15- Distribuição percentual de matéria seca da parte aérea e de raízes de plantas irrigadas (A) e não irrigadas (B) cultivadas em diferentes doses de gesso. (Média de 4 plantas)

A análise de solo, feita ao fim do experimento, mostrou que ocorreram aumentos nos teores de cálcio, potássio e magnésio na camada de 20-40 cm (Quadro 5). Essa ausência de resposta é confirmada ao verificar-se os teores desses nutrientes na planta (Quadro 6), que foram crescentes no caso do cálcio e decrescentes no caso do magnésio. O potássio manteve-se relativamente constante, não levando as plantas a apresentarem algum tipo de resposta. Apesar das oscilações, todos esses valores estão próximos dos limites ideais descritos por SHORROCKS (1965). Concordando com essas observações, REIS *et alii* (1984), trabalhando com calagem em seringueira, não observaram respostas aos tratamentos utilizados. BRAGA (1991) trabalhando com *Eucalyptus grandis* observou que, apesar do cálcio ter movimentado para o subsolo, ele não favoreceu o crescimento radicular naquela porção do solo. Por outro lado, SILVA (1990) obteve uma resposta significativa no crescimento radicular de algodão em função de doses de gesso.

Quadro 5- Análise de solo (pH, P, K, Ca, Mg e Al) feita ao fim do experimento para as diferentes doses de gesso nas camadas de 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm. (Média de 4 vasos).

Camada (cm)	Doses de gesso (t/ha)							
	0		2		4		8	
	I.	N.I.	I.	N.I.	I.	N.I.	I.	N.I.
	pH							
0-20	4.63	4.75	4.75	4.77	4.67	4.80	4.80	4.73
20-40	4.85	5.27	4.75	5.00	4.73	5.07	4.93	5.03
40-60	5.50	5.83	5.18	5.73	5.23	5.70	5.63	5.38
	P (ppm)							
0-20	2.25	2.75	1.75	3.25	3.25	3.00	3.25	3.25
20-40	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.50	1.00
20-40	1.25	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	K (ppm)							
0-20	62.5	88.0	77.0	89.3	57.3	41.3	56.0	80.8
20-40	26.5	25.3	28.5	31.5	47.8	41.3	52.3	44.8
40-60	13.5	15.5	14.5	14.0	13.8	15.5	15.5	15.8
	Ca (meq/100 cc)							
0-20	0.45	0.52	1.18	1.33	1.35	2.13	1.93	2.03
20-40	0.30	0.15	0.60	0.48	0.83	0.75	1.45	1.05
40-60	0.28	0.18	0.25	0.15	0.28	0.23	0.18	0.28
	Mg (meq/ 100 cc)							
0-20	0.18	0.15	0.30	0.28	0.15	0.25	0.45	0.30
20-40	0.10	0.10	0.10	0.13	0.33	0.20	0.45	0.35
40-60	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
	Al (meq/ 100 cc)							
0-20	0.58	0.60	0.43	0.58	0.55	0.40	0.45	0.50
20-40	0.18	0.25	0.20	0.25	0.20	0.20	0.20	0.23
40-60	0.00	0.10	0.03	0.05	0.10	0.20	0.20	0.10

I - irrigado, NI - não irrigado.

Quadro 6- Análise mineral (Mg, Ca, K, N e S) nas folhas, caules e raízes de plantas irrigadas e não irrigadas, nas diferentes doses de gesso. (Média de quatro plantas).

Nutriente	Gesso (t/ha)							
	0		2		4		8	
	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI
Folha								
Mg (%)	0.38	0.34	0.32	0.27	0.28	0.28	0.27	0.29
Ca (%)	0.60	0.53	0.78	0.75	1.16	1.00	1.23	1.00
K (%)	1.20	1.05	1.22	1.00	1.22	1.00	1.10	1.11
N (%)	2.67	2.82	2.60	2.78	2.54	2.56	2.65	2.57
S (%)	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18	0.22	0.19
Caule								
Mg (%)	0.30	0.25	0.22	0.22	0.20	0.20	0.20	0.17
Ca (%)	0.33	0.37	0.46	0.69	0.80	0.83	0.87	0.75
K (%)	0.86	0.98	0.62	0.65	0.70	0.65	0.57	0.67
N (%)	0.71	1.03	0.74	0.81	0.70	0.77	0.65	0.74
S (%)	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.09	0.08
Raiz								
Mg (%)	0.34	0.31	0.33	0.30	0.28	0.27	0.28	0.26
Ca (%)	0.21	0.20	0.33	0.35	0.40	0.40	0.52	0.47
K (%)	1.40	1.20	1.20	1.40	1.20	1.30	1.30	1.20
N (%)	1.40	1.70	1.20	1.55	1.20	1.60	1.30	1.60
S (%)	0.15	0.15	0.20	0.20	0.20	0.23	0.30	0.23

I - irrigado, NI - não irrigado.

4.1.7. Número de lançamentos, estágio foliar e diâmetro do caule.

Foi observada uma diminuição significativa no número de lançamentos entre as plantas irrigadas e as não irrigadas (Quadro 7). CONCEIÇÃO *et alii* (1986), trabalhando com seringueira observaram uma redução acentuada no número de folhas e não muito no número de lançamentos em plantas que sofreram déficits hídricos cíclicos. Essas observações corroboram com os resultados encontrados neste trabalho.

O diâmetro do caule foi medido em duas avaliações durante o período experimental. Na primeira avaliação (feita aos 10 dias após a implantação do regime hídrico) não foram observadas diferenças entre nenhum dos tratamentos. Porém, na segunda avaliação feita ao final do experimento, surgiram diferenças entre as plantas irrigadas e não irrigadas, não ocorrendo, entretanto, diferenças entre os níveis de gesso. Nota-se que nas plantas estressadas ocorreu uma diminuição do diâmetro (Quadro 8) provavelmente, pelo fato de o caule conter reservas de água. ABREU SÁ (1991), avaliando o diâmetro do tronco de seringueiras, em um seringal em produção, observou que eles diminuíam nos momentos de maior demanda evaporativa (maior DPV). Foi constatado que, no período de inverno, ao contrário das outras épocas do ano, o tronco não recuperava seu diâmetro à noite devido a baixa disponibilidade hídrica do solo. Foi então sugerido que o tronco supriria a demanda de água para as folhas, através de um mecanismo de redistribuição.

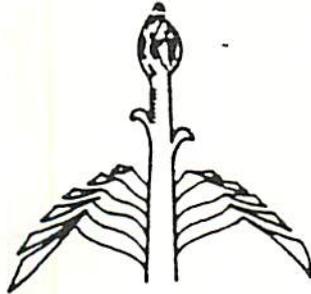
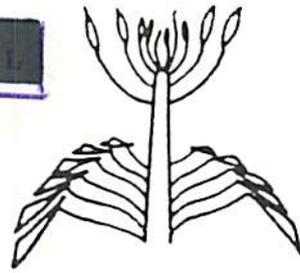
Concordando com essas observações, RESNICK & MENDES, (1979) trabalhando com seringueira, observaram em plantas estressadas ou não que as maiores variações no diâmetro do tronco ocorriam nas horas de maior transpiração, sugerindo que o mesmo possuisse reservas de água . BARRIAC *et alii* (1989) trabalhando com alfafa, observaram, em determinados períodos do dia, que a demanda da atmosfera era maior que a absorção de água pelas raízes. Foi então sugerida a existência de reservas hídricas na planta que eram utilizadas para atender a demanda diária, sendo posteriormente restauradas à noite.

Quadro 7- Número de lançamentos e estágio de desenvolvimento foliar das plantas ao fim do experimento.

gesso (t/ha)	lançamentos		estádio foliar	
	I	NI	I	NI
0	4/4	3/3	B/B	D/D
	3/4	3/3	D/B	D/D
	4/4	3/3	D/B	D/D
	4/4	3/3	D/D	D/D
2	4/4	3/3	D/D	D/D
	4/3	3/3	A/D	D/D
	3/4	3/3	D/D	D/D
	3/3	3/4	D/A	D/B
4	4/4	3/3	A/B	D/C
	4/4	3/3	D/B	D/D
	4/3	3/3	D/D	D/D
	3/4	2/3	D/A	D/D
8	3/3	4/4	D/D	B/B
	4/4	3/3	B/D	D/D
	3/4	4/3	D/A	D/D
	3/4	2/3	D/C	D/D
Média geral	3,66 A	3.00 B		

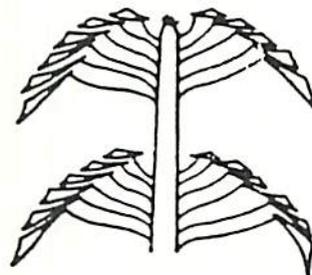
-Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5 %.

-As barras separam as duas plantas de cada parcela.



estádio A

estádio B



estádio C

estádio D

Fig. 16- Estádios de desenvolvimento foliar de *Hevea brasiliensis*, segundo a classificação de HALLE & MARTIN (1968).



Fig. 1

Fig. 2



Fig. 3

Fig. 4

Fig. 1-4. Stages of development of the flower bud of the plant *... ..* (1-4) according to the classification of (1958).

Quadro 8- Diâmetro do caule (mm) das plantas de seringueira em duas avaliações. Média de quatro plantas.

Gesso	1ª avaliação		2ª avaliação	
	I	NI	I	NI
0	8.38	7.55	9.14	7.49
2	8.64	8.21	8.56	8.38
4	8.51	8.48	9.07	8.22
8	8.67	8.61	8.95	8.24
Média	8.535	8.212	8.927	8.082

4.2. Características Químicas

4.2.1. Aminoácidos Totais e Proteínas Solúveis Totais.

Foram observadas diferenças significativas nos teores de aminoácidos totais da folha, caule e raiz entre as plantas irrigadas e não irrigadas, como também entre os níveis de gesso, sendo que nesse caso as diferenças foram apenas no caule e nas folhas. Observa-se que o aumento médio do teor de aminoácidos nas plantas não irrigadas em relação às plantas irrigadas foi maior nas folhas (181 %), depois no caule (42 %) e por fim nas raízes (26 %) (Figura 17). Isso sugere que, durante o déficit hídrico, estaria ocorrendo um fluxo de aminoácidos das raízes para as folhas, uma vez que existem evidências de que a redução do nitrato na seringueira ocorre somente nas raízes conforme determinação *in vivo* observada por (OLIVEIRA, *et alii* comunicação pessoal). Uma hidrólise intensa de proteínas sob déficit hídrico, está descartada devido ao aumento no teor de proteínas solúveis observado (Figura 18).

O aumento no teor de aminoácidos totais em plantas não irrigadas foi detectado também por vários autores em folhas de aveia, *Pinus*, milho, cana-de-açúcar e feijão (ARGANDONA & PAHLICH, 1991; VANCE & ZAER, 1990; CABALLERO *et alii*, 1988; ASPINALL & PALLEG, 1981; OLIVEIRA, 1985; FREIRE, 1990). A prolina parece ser o aminoácido com maior contribuição para esse aumento. Em um trabalho com quatro clones de seringueira, CORREA *et alii* (1987), observaram um aumento no teor foliar de prolina sendo que o clone IAN 873 apresentou o maior aumento na

concentração deste aminoácido e a maior resistência difusiva. Isso sugere uma relação entre o ácido absísico e a prolina, uma vez que se tem constatado que o ABA induz o fechamento estomático e também a um acúmulo de prolina (ASPINALL & PALEG, 1981). BUHL & STEWART (1983) sugeriram que o ácido abscísico estimula a síntese de prolina em folhas de cevada a partir do glutamato.

Não se sabe ao certo a função que o acúmulo de aminoácidos desempenha nas plantas não irrigadas. Provavelmente eles atuariam como uma fonte de N e C prontamente utilizáveis após a reversão do estresse, como também teriam uma função no ajuste osmótico (HANDA *et alii*, 1983).

O valor final do potencial hídrico foliar (ψ_f) das plantas não irrigadas (Figura 1), pode ser atribuído pelo menos em parte ao aumento na concentração de açúcares. O acúmulo de aminoácidos pode ocorrer em paralelo com uma diminuição do potencial osmótico (ψ_s) atuando como um soluto compatível, mantendo o ψ_s do citoplasma em equilíbrio com o ψ_s dos vacúolos que diminui devido ao acúmulo de açúcares (THOMAS, 1991).

O maior acúmulo de aminoácidos observado nas doses de 0 e 2 t/ha de gesso (Figura 17) tem como possível explicação a deficiência de enxofre. Ao compara-se os teores de S das folhas e do caule com os encontrados por SHORROCKS (1965), de 0,22 e 0,12 % respectivamente, com os observados aqui, nota-se que para as doses iniciais de gesso, as plantas estavam deficientes em S. Deste modo, ocorre um acúmulo de nitrogênio orgânico não proteico. Este comportamento foi observado na parte aérea e nas

raízes de milho (FRIEDRICH & SCHRADER, 1978; SACCOMANI *et alii*, 1984; RENDIG *et alii*, 1976) onde o suprimento inadequado de enxofre, acarretando na falta de aminoácidos sulfurados (cisteína e metionina) limitou a biossíntese proteica, levando a um acúmulo de nitrogênio orgânico não proteico.

Concordando com essas observações, FURTINI NETO (1988), trabalhando com diferentes doses de gesso agrícola no solo, observou que nas menores doses ocorria um acúmulo de nitrogênio orgânico solúvel na parte aérea de cinco espécies de eucalipto, o que está de acordo com o observado nos teores de aminoácidos totais em seringueira.

Observa-se, pelo Quadro 6, que os teores de S na parte aérea e nos caules foram crescentes. Nas raízes, os valores aumentaram significativamente com o aumento dos níveis de gesso no solo. O aumento no teor de enxofre era de se esperar, pois o gesso contém enxofre em sua formulação.

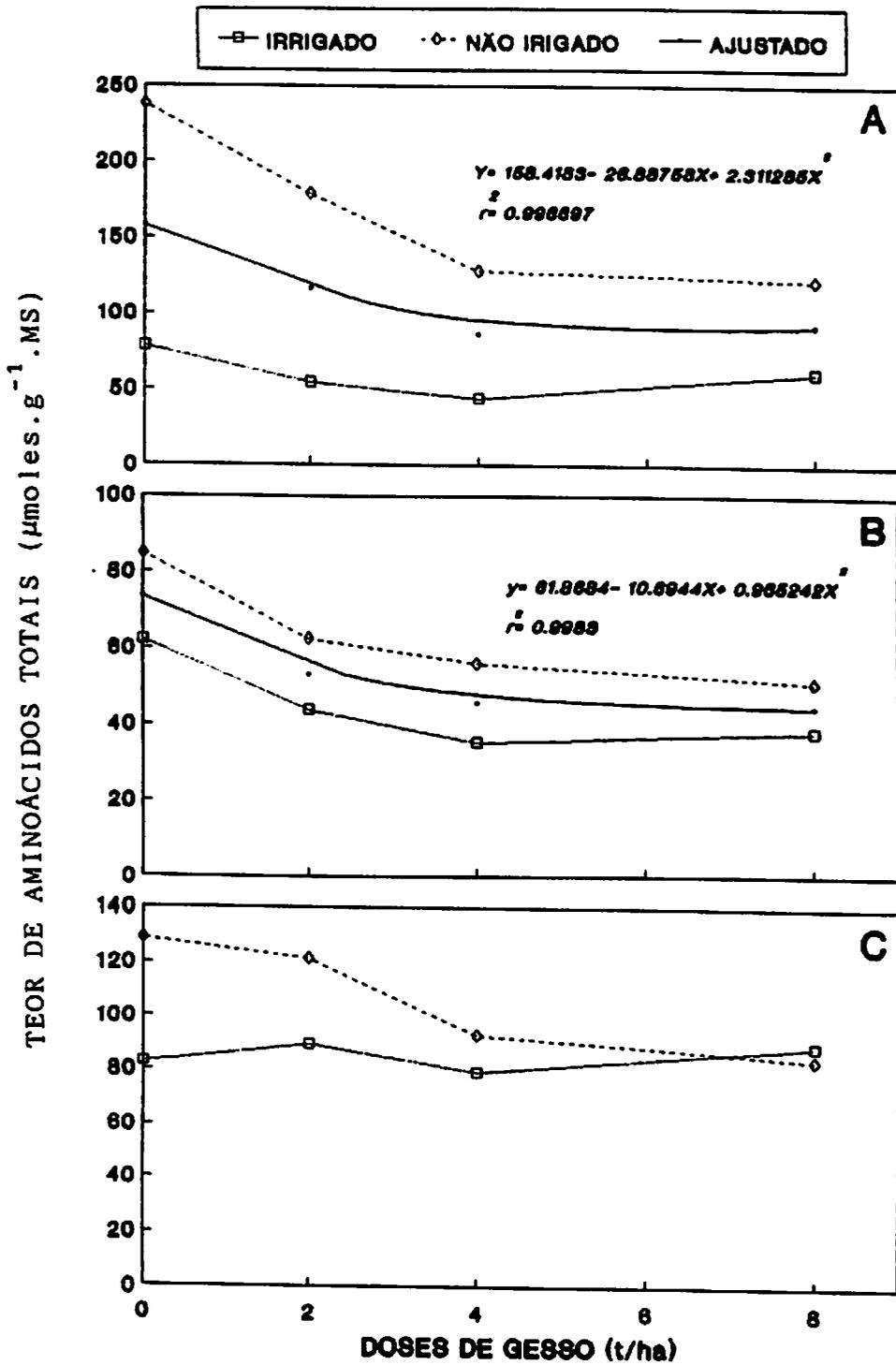


Fig. 17- Teores de aminoácidos totais em folhas (A), caule (B) e raízes (C) de plantas irrigadas e não irrigadas cultivadas em diferentes doses de gesso. (Média de 4 plantas)

Foram observadas diferenças significativas no teor de proteínas solúveis entre plantas irrigadas e não irrigadas, sendo que ocorreu um aumento no teor de proteínas nas folhas e nos caules das plantas não irrigadas e um decréscimo nas raízes (Figura 18).

Normalmente o estresse hídrico leva a uma diminuição do teor de proteínas, provavelmente, devido a uma paralisação da maquinaria de síntese proteica (FUKUTOKU & YAMADA, 1984), e/ou à hidrólise de proteínas (HSIAO, 1973) e/ou à diminuição no fluxo de Nitrato, uma vez que a redutase de nitrato é induzida pelo substrato (SOLOMONSON & BARBER, 1990), que diminuiria pela diminuição do fluxo transpiratório.

Entretanto, segundo HANSON & HITZ (1982), a diminuição no teor de proteínas é comum em tecidos novos, onde o estresse hídrico provoca uma rápida inibição da síntese proteica, seguida de uma eventual perda de proteínas. Já em tecidos maduros, sob um estresse mais severo, o comportamento é diferente; nesse caso a síntese proteica pode permanecer alta, podendo haver uma pequena mudança no conteúdo proteico líquido, ocorrendo, nesses casos, um *turnover* protéico contínuo durante o estresse hídrico. O estresse hídrico levou a um decréscimo na percentagem de polirribossomas em folhas de trigo em expansão, mas não teve efeito em folhas já expandidas (BRADFORD & HSIAO, 1982). Esses resultados coincidem com os observados, uma vez que determinações foram feitas em folhas totalmente expandidas.

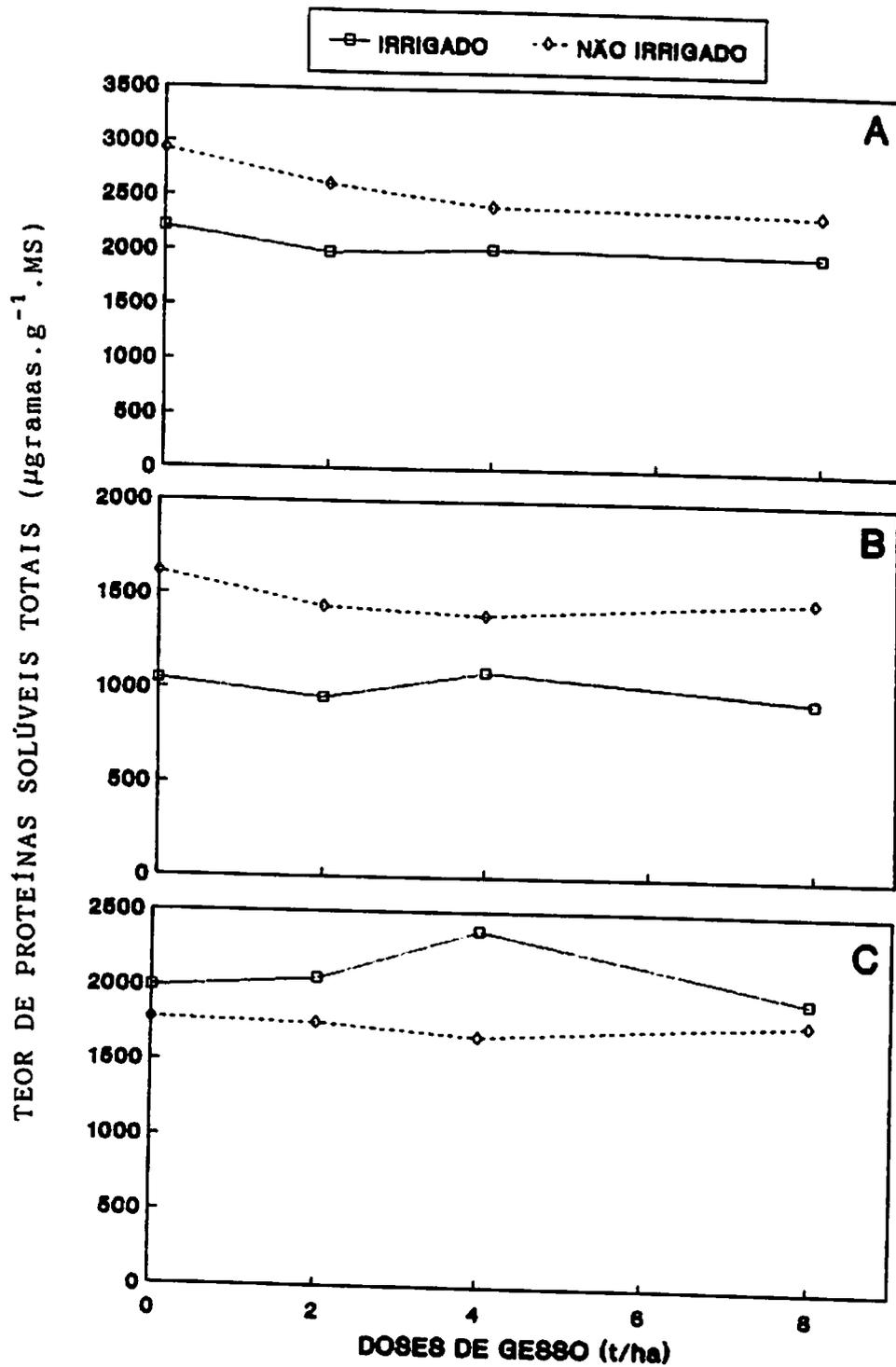


Fig. 18- Teores de proteínas solúveis totais em folhas (A), caule (B) e raízes (C) de plantas irrigadas e não irrigadas cultivadas em diferentes doses de gesso. (Média de 4 plantas)

Uma outra possível causa para a manutenção dos altos teores de proteínas pode ser atribuída à atividade das enzimas assimilatórias da amônia que, para sorgo e cevada, permanece alta pelo menos sob estresses hídricos moderados (BLUM *et alii*, 1976; TULLY *et alii*, 1979) e também através da reciclagem da amônia como parte do metabolismo fotorrespiratório em plantas do tipo C 3 com seus estômatos fechados em face de um déficit hídrico.

Assemelhando-se ao observado, KANDRAL & RAO, (1985) trabalhando com *Eleusine cocaroma*, observaram um aumento no teor de prolina e de proteínas durante o estresse hídrico. Esses autores demonstraram, com o uso de aminoácidos marcados, que a radioatividade era incorporada em proteínas nas plantas estressadas em maior taxa que nas plantas controle. Esses resultados sugeriram que as proteínas estavam sendo sintetizadas *de novo*. Foi observado, também, um aumento na síntese de RNA assim como um aumento de poliribossomos quando as plantas eram tratadas com prolina, indicando que a mesma causava um aumento na síntese protéica.

O aumento observado no teor de proteínas, pode estar, em parte, relacionado com o aumento de aminoácidos e de açúcares. STEWART (1978), trabalhando com cevada, demonstrou que os carboidratos supriam os precursores na biossíntese de prolina, mostrando que o glutamato seria o precursor da prolina, estimulando a sua biossíntese. Ele demonstrou também que o decréscimo na síntese proteica e na oxidação da prolina poderiam contribuir com o acúmulo da mesma, mas esses fatores não seriam

os únicos responsáveis por isso. JOYCE *et alii*, (1984), em um outro trabalho com cevada, demonstraram que a prolina acumulava em plantas estressadas no escuro, porém que esse acúmulo era muito maior em plantas estressadas na presença de luz, mesmo que essa estivesse em baixa intensidade, confirmando com isso a necessidade de carboidratos para a síntese de prolina.

Foram observadas diferenças significativas nos teores de nitrogênio no caule, entre os níveis de gesso e entre plantas irrigadas e não irrigadas (Quadro 6). Entre as plantas irrigadas e não irrigadas, as diferenças ocorreram nas raízes, sendo que nas folhas não foram observadas diferenças entre nenhum dos tratamentos.

A queda nos teores de nitrogênio no caule acompanha a de aminoácidos e uma vez que os teores de proteína não foram modificados pelas doses de gesso, pode-se inferir que a queda no nitrogênio total deve-se à queda nos teores de aminoácidos. O aumento observado nas raízes de plantas não irrigadas, quando comparado com a queda nos teores de proteínas das mesmas, indica que os aminoácidos estariam contribuindo com a maior parte do nitrogênio orgânico ou que ocorreu um acúmulo de nitrogênio mineral nas mesmas.

Ao serem comparados os teores de nitrogênio entre 2,5 e 3,0 % encontrados nas folhas, observa-se que eles coincidem com os teores ideais considerados por SHORROCKS (1965) para seringueira, indicando que os níveis crescentes de gesso não influenciaram nos teores de nitrogênio. No caule e nas raízes, os valores encontrados nas plantas não irrigadas foram

superiores aos encontrados nas plantas irrigadas. SHORROCKS (1965) observou teores próximos aos observados de 0,62 % e 0,93% em raízes e caules respectivamente

4.2.2. Açúcares redutores e açúcares solúveis totais.

O déficit hídrico induziu a um acúmulo de açúcares ocorrendo diferenças significativas entre as plantas irrigadas e as não irrigadas. É fato que em plantas sob condições de baixa disponibilidade de água, ocorre uma diminuição no teor de amido, e simultaneamente um acúmulo de açúcares solúveis (MORGAN, 1984).

Esse acúmulo pode ocorrer devido a uma contínua produção de fotoassimilados pela fotossíntese que é menos afetada pelo déficit hídrico do que o crescimento (BOYER, 1970), levando a um balanço positivo entre produção e consumo de assimilados (CHAVES, 1991). Outra possível causa para o acúmulo de carboidratos solúveis seria em função da hidrólise de compostos com alto peso molecular.

Observa-se, nas folhas (Figura 19), que os teores de açúcares totais foi o mesmo tanto para plantas irrigadas como para as não irrigadas, sugerindo que as plantas irrigadas estivessem com uma alta atividade metabólica. O ajuste osmótico também pode ocorrer em folhas totalmente expandidas; nesse caso as folhas acumulam uma alta proporção de sacarose ao contrário das regiões de crescimento nas quais o açúcar que mais acumula é a glicose (CHAVES, 1991). Essas observações concordam com as

obtidas para os teores de açúcar das folhas avaliadas que eram totalmente expandidas, ao contrário das raízes, onde as análises foram feitas em todo o material, e que provavelmente havia uma grande proporção de raízes novas devido ao constante *turnover* metabólico radicular (CANNEL, 1985).

Esse acúmulo de açúcares solúveis totais (Figura 19), como também de redutores (Figura 20), nas plantas não irrigadas já foi observado por outros autores em outras espécies (DROSSOPOULOS *et alii*, 1987; OLIVEIRA, 1985). QUICK *et alii* (1989) trabalhando com células e posteriormente com discos foliares de espinafre submetidos a vários graus de estresse osmótico, detectaram um aumento na síntese de sacarose, quando da diminuição do potencial osmótico do meio, através do aumento na atividade da enzima sacarose-fosfato sintetase (SPS) e de uma queda na síntese de amido. Eles atribuíram esse efeito a um fechamento estomático desigual, levando à algumas regiões da folha a operarem no ponto de compensação de CO₂. Outra causa seria devido às reações que ocorrem no mesofilo só terem sido inibidas no momento em que o teor relativo de água caiu em 20 %, em relação ao controle, quando então os estômatos efetivamente fecharam. Eles concluíram que o aumento na síntese de sacarose é uma das primeiras respostas das plantas ao déficit hídrico e que a mesma poderia contribuir com o ajuste osmótico sem inibir a fotossíntese.

Entretanto, VASSEY *et alii* (1991), em feijoeiro, observaram uma queda na atividade fotossintética em função do déficit hídrico. Eles atribuíram essa queda a uma diminuição na

atividade da SPS levando a um acúmulo de trioses-fosfato produzidas no ciclo de Calvin. Esse acúmulo causou um efeito de *feedback* inibindo a fotossíntese. Porém as plantas estressadas, quando eram colocadas em uma atmosfera rica em gás carbônico recuperavam a atividade da SPS, indicando com isso que a enzima não é sensível ao déficit hídrico e sim ao abaixamento na pressão interna do gás carbônico caracterizando aí um efeito indireto do déficit sobre a mesma.

O maior particionamento de fotoassimilados para as raízes promovendo um maior crescimento radicular e conseqüentemente explorando um maior volume de solo pode explicar os altos teores de açúcares totais e redutores encontrados. Uma outra função importante desse acúmulo de carboidratos seria de ajustar osmoticamente as raízes já que elas são os sítios principais de absorção, mantendo o gradiente de potencial hídrico necessário à absorção de água.

Esse aumento nos teores de açúcares redutores em plantas sob condição de déficit hídrico também foi observado por OLIVEIRA (1985), em cana-de-açúcar. Tal fato foi atribuído a um aumento na atividade de invertases ácidas e neutras simultaneamente ao abaixamento do potencial hídrico do solo, sugerindo que a quebra da sacarose teria um efeito benéfico, não somente dobrando a concentração osmótica das células sem muito gasto de energia, como também contribuiria, a partir da liberação de glicose e frutose, na manutenção da demanda metabólica.

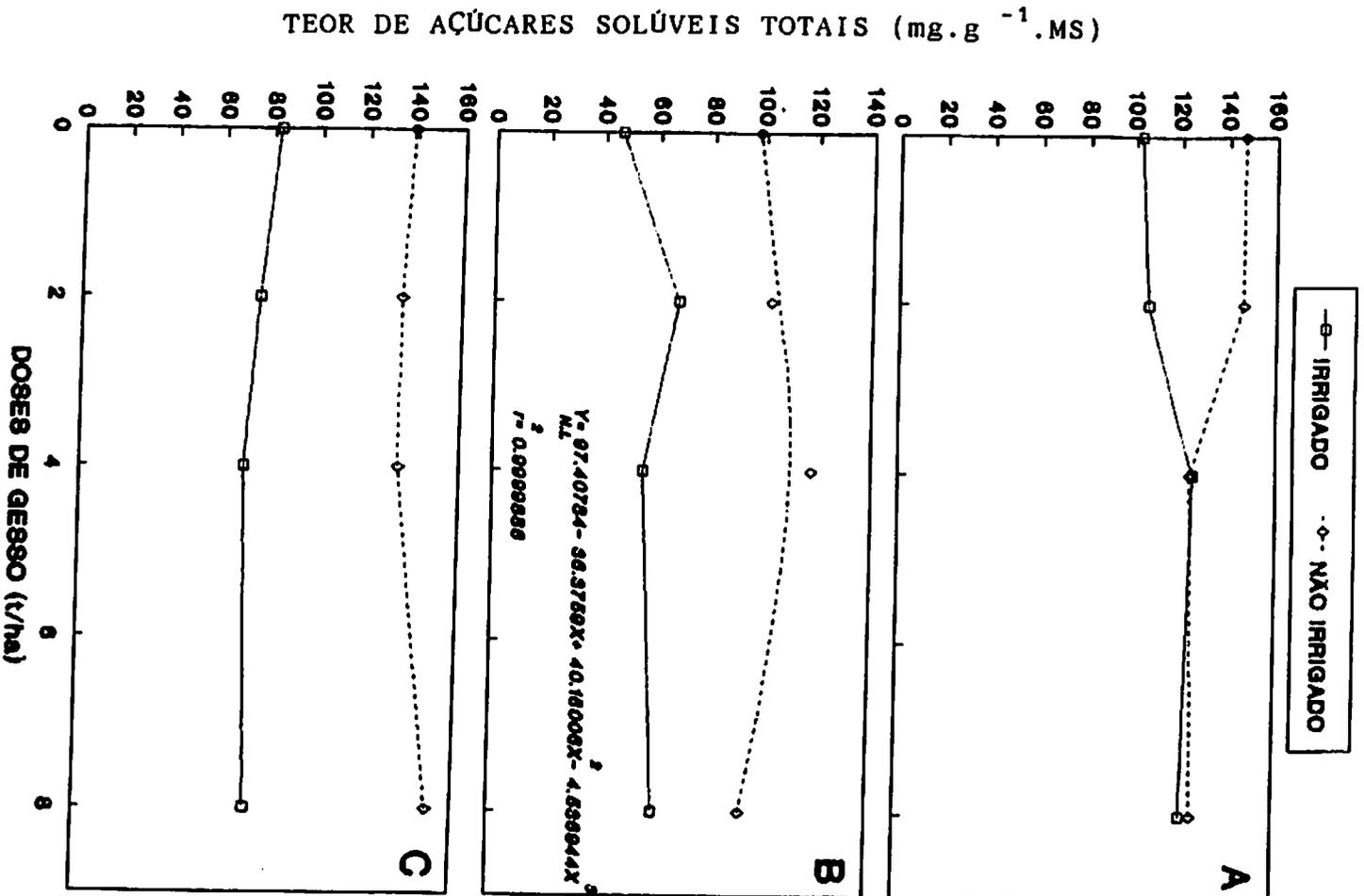


Fig. 19- Teores de açúcares solúveis totais em folhas (A), caule (B) e raízes (C) de plantas irrigadas e não irrigadas cultivadas em diferentes doses de gesso. (Média de 4 plantas)

Analisando-se conjuntamente o TRA_f e o ψ_f (Figura 1) das plantas não irrigadas, verifica-se que a queda no ψ_f ocorreu em maior intensidade do que a queda do TRA_f . Isto sugere uma tendência de manutenção da turgescência foliar a baixos potenciais hídricos nos tecidos. Os altos teores de açúcares totais, redutores e de aminoácidos encontrados nas folhas também sugerem a ocorrência de um ajuste osmótico.

Os teores de açúcares redutores foram semelhantes nas plantas não irrigadas em todos os órgãos observados (Figura 20), mantendo-se na faixa de $80-100 \text{ mg.g}^{-1} \cdot \text{MS.}$, já nas plantas irrigadas esses valores situaram-se na faixa de $40-60 \text{ mg.g}^{-1} \cdot \text{MS}$ para caules e raízes. Entretanto, nas folhas esse valor foi mais alto, $80-100 \text{ mg.g}^{-1} \cdot \text{MS.}$, indicando, nesse caso, que estava ocorrendo algum processo metabólico que necessitasse de açúcares na sua forma reduzida. Nota-se, também, que, nos caules, praticamente todo o açúcar estava na sua forma reduzida, pois a razão AR/AST é praticamente igual a 1,0, sugerindo a quebra da sacarose em algum processo metabólico.

Sabe-se que para a síntese de isoprenóides, o Acetil coenzima-A é o precursor dos lutóides; logo ela deve se originar de hexoses que são quebradas em trioses no ciclo de Krebs. Em um experimento com *Partheniun argentatun*, uma espécie produtora de borracha, BENZIONI & MILLS (1991) observaram que ocorria uma maior incorporação de acetato em borracha em caules de plantas sob condição de déficit hídrico em relação ao controle irrigado. Isso também foi observado por outros autores (ALLEN *et alii*, 1987) em um trabalho com a mesma espécie sendo que eles

sugeriram que o carbono originado do ajuste osmótico estava sendo utilizado para a síntese de borracha. O fato leva a sugerir que uma parte dos açúcares acumulado em função do déficit hídrico poderia ter sido utilizada para a síntese de borracha, pelo menos no início do estresse, explicando, em parte, a igualdade observada nos teores de carboidratos totais das folhas das plantas irrigadas e das não irrigadas.

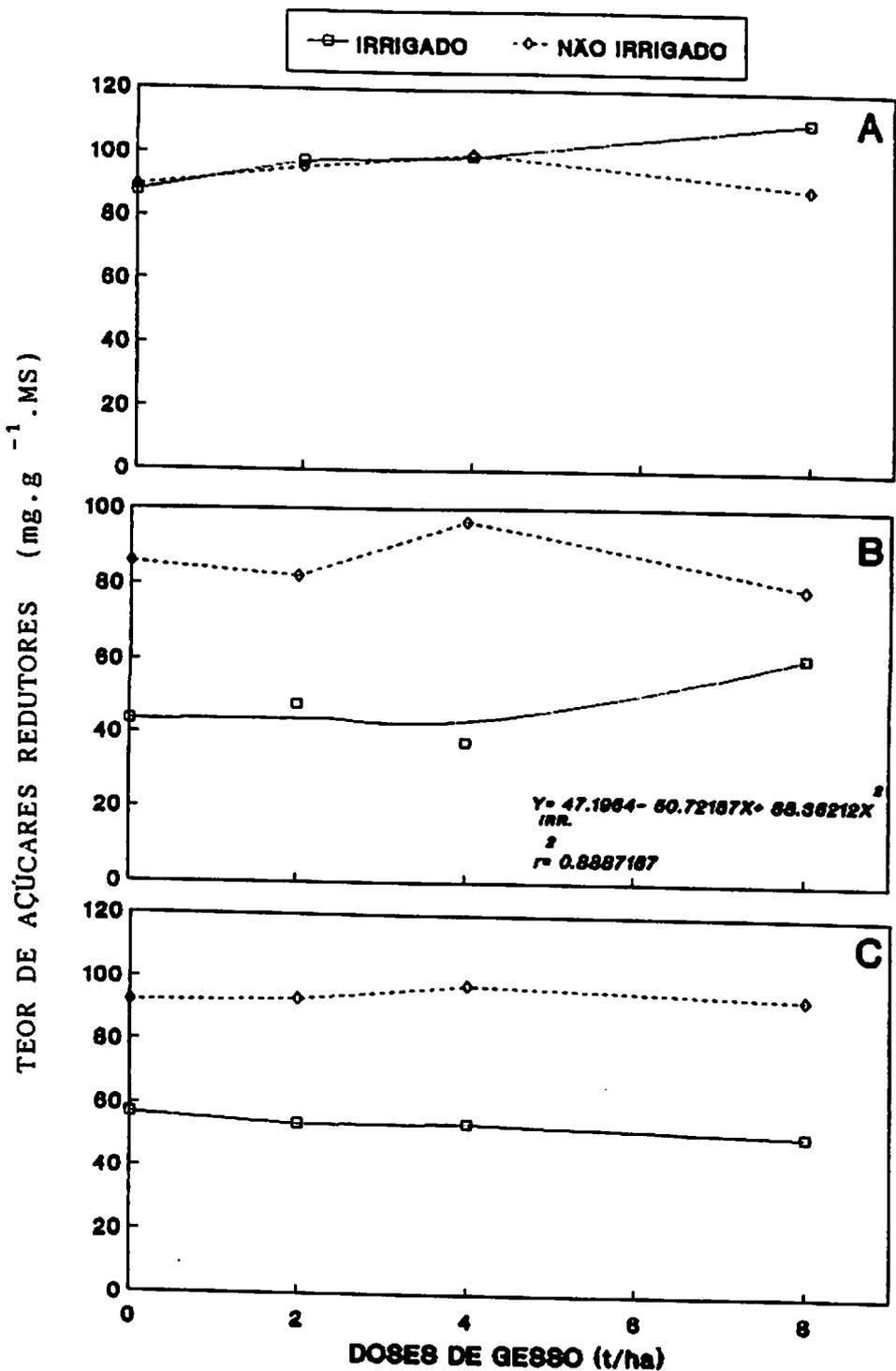


Fig. 20- Teores de açúcares redutores em folhas (A), caule (B) e raízes (C) de plantas irrigadas e não irrigadas cultivadas em diferentes doses de gesso. (Média de 4 plantas)

5. CONCLUSÕES

Nas condições e no período de tempo em que foi conduzido o experimento, pode-se concluir que:

Os níveis de gesso não influenciaram o potencial hídrico foliar, teor relativo de água foliar, condutância estomática e transpiração das plantas de seringueira, ao contrário dos regimes hídricos, onde todos eles foram diminuindo com o aumento do déficit hídrico. Os estômatos das plantas de seringueira mostraram-se muito sensíveis ao déficit hídrico, fechando-se, nas plantas não irrigadas, mesmo quando elas apresentavam TRA_f e ψ_f iguais ao controle irrigado.

As doses de gesso não influenciaram na produção de matéria seca total, de raízes e da parte aérea, porém a matéria seca total das plantas irrigadas superou a das não irrigadas.

Para todos os tratamentos, não ocorreram diferenças na distribuição das raízes nas camadas do solo. Apesar da movimentação do cálcio no perfil do solo, o sistema radicular não se aprofundou, permanecendo nas camadas iniciais.

Os teores de cálcio das folhas, caules e raízes foram crescentes com o aumento das doses de gesso. Os teores de potássio no caule e os de magnésio, em todas as partes da planta, diminuíram com o aumento nas doses de gesso.

O aumento nas doses de gesso provocou uma diminuição nos teores de aminoácidos das folhas e caules. Os teores de aminoácidos e proteínas aumentaram em todas as partes da planta com a aplicação do déficit hídrico, com exceção do teor de proteínas de raízes, que foi menor do que os encontrados nas plantas irrigadas.

As doses de gesso causaram um aumento no teor de açúcares redutores nos caules das plantas irrigadas. Os teores de açúcares redutores aumentaram em todas as partes das plantas não irrigadas, menos nas folhas .

Os teores de açúcares totais aumentaram em todas as partes das plantas não irrigadas, menos nas folhas.

O teores de N das folhas não foi afetado por nenhum tratamento. Nos caule ele diminuiu com o aumento nas doses de gesso e aumentou nas plantas não irrigadas. Nas raízes, o teor de N aumentou nas plantas não irrigadas.

Os teores de enxofre, das folhas e do caule, não foram afetados pelas doses de gesso. Nas raízes, os teores foram crescentes com o aumento das doses de gesso.

A seringueira não aprofundou o seu sistema radicular em função da aplicação das doses de gesso, apesar da movimentação de cálcio, magnésio e potássio para as camadas inferiores do solo.

6. RESUMO

Dentre as regiões de escape ao fungo *M. ulmi* para a cultura de seringueira, encontram-se áreas que apresentam solos sob vegetação de cerrado, caracterizados por um baixo teor de nutrientes e baixa disponibilidade hídrica em alguns meses do ano. Com isso, a utilização do gesso agrícola tem a possibilidade de tornar-se uma prática agrícola viável, pois ele apresenta a característica de melhorar a fertilidade de solos ácidos, podendo conferir às plantas uma melhor exploração do solo em profundidade, tornando a planta melhor adaptada às condições de déficit hídrico.

O propósito desse trabalho foi de avaliar o efeito de diferentes doses de gesso sobre o comportamento biofísico, nutricional e metabólico de plantas de seringueira cultivadas sob diferentes regimes hídricos.

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação constituindo-se de um fatorial 4 X 2, sendo 4 doses de gesso, (0, 2, 4 e 8 ton/ha) e dois regimes hídricos: um mantendo-se o

solo próximo à capacidade de campo, e outro suspendendo-se a irrigação quando as plantas apresentaram o segundo lançamento totalmente expandido. O experimento teve 4 repetições e cada parcela foi constituída de 2 plantas.

Para o experimento, foi utilizado um latossolo vermelho-amarelo álico coletado em 3 camadas (0-20, 20-40 e 40-60 cm), e acondicionado em colunas de PVC composta de 3 anéis superpostos de 200mm de diâmetro com 20 cm de altura.

Foram avaliadas as seguintes características biofísicas: teor relativo de água foliar, potencial hídrico foliar, condutância estomática, transpiração, altura, produção de matéria seca das diferentes partes da planta, estágio de desenvolvimento foliar, taxa de expansão foliar e o diâmetro do caule.

As características químicas avaliadas foram: Teor de aminoácidos totais, proteína solúvel total, açúcares redutores e totais, e os teores de N, K, Ca, Mg e S em todas as partes da planta.

Os níveis de gesso não influenciaram o potencial hídrico foliar, teor relativo de água foliar, condutância estomática e transpiração das plantas de seringueira, ao contrário dos regimes hídricos, onde todos eles foram diminuindo com o aumento do déficit hídrico. Os estômatos das plantas de seringueira mostraram-se muito sensíveis ao déficit hídrico, fechando-se, nas plantas não irrigadas, mesmo quando elas apresentavam TR_{af} e ψ_f iguais ao controle irrigado.

As doses de gesso não influenciaram na produção de matéria seca total, de raízes e da parte aérea, porém a matéria seca total das plantas irrigadas superou a das não irrigadas.

Para todos os tratamentos, não ocorreram diferenças na distribuição das raízes nas camadas do solo. Apesar da movimentação do cálcio no perfil do solo, o sistema radicular não se aprofundou, permanecendo nas camadas iniciais.

Os teores de cálcio das folhas, caules e raízes foram crescentes com o aumento das doses de gesso. Os teores de potássio no caule e os de magnésio, em todas as partes da planta, diminuíram com o aumento nas doses de gesso.

O aumento nas doses de gesso provocou uma diminuição nos teores de aminoácidos das folhas e caules. Os teores de aminoácidos e proteínas aumentaram em todas as partes da planta com a aplicação do déficit hídrico, com exceção do teor de proteínas de raízes, que foi menor do que os encontrados nas plantas irrigadas.

As doses de gesso causaram um aumento no teor de açúcares redutores nos caules das plantas irrigadas. Os teores de açúcares redutores aumentaram em todas as partes das plantas não irrigadas, menos nas folhas .

Os teores de açúcares totais aumentaram em todas as partes das plantas não irrigadas, menos nas folhas.

O teores de N das folhas não foi afetado por nenhum tratamento. Nos caule ele diminuiu com o aumento nas doses de gesso e aumentou nas plantas não irrigadas. Nas raízes, o teor de N aumentou nas plantas não irrigadas.

Os teores de enxofre, das folhas e do caule, não foram afetados pelas doses de gesso. Nas raízes, os teores foram crescentes com o aumento das doses de gesso.

A seringueira não aprofundou o seu sistema radicular em função da aplicação das doses de gesso, apesar da movimentação de cálcio, magnésio e potássio para as camadas inferiores do solo.

7. S U M M A R Y

The Rubber crop has been expanded to new regions considered free of the fungal disease, *South American leaf blight*, caused by the *Microcyclus ulei*. Among these new areas, it is found areas with soil under vegetation of *Cerrado*, characterized by low natural fertility and low amount of available water in some months of the year.

The use of gypsun ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), has the possibility of becoming in an available agricultural practical, because the gypsun has the characteristic of amelioration of subsoil fertility, increasing the Ca status along the soil profile, therefore the plant can explore a larger soil volume, having a better adjust to the water deficit.

The aim of this experiment was to estimate the effects of different gypsun levels on the biophysic, nutritional and metabolic behavior of rubber plants under water deficit.

The experiment was carried out in a greenhouse of the Biology Department of Escola Superior de Agricultura de Lavras

(ESAL), and was consisted in a two factor completely randomized design (4 x 2), with four levels of gypsum (0, 2, 4 e 8 ton/ha) and two hidric regimes, one constant field capacity and the other withholding irrigation as soon as the plants reached the second shoot entirely expanded. The experiment had four replications with two plants per pot. The soil used was a Latossol, collected in three layers, and packed in a column consisted of three rings with 200 mm diameter and 20,0 cm height each.

The gypsum levels did not affect the leaf water potential (ψ_f), relative water content (RWC), stomatal conductance and transpiration rate, but these traits decreased through the water deficits in the stressed plants. The Rubber stomata showed to be highly sensitive to water deficit, closing, in non irrigated plants, even with a high RWC and ψ_f as the control.

The levels of gypsum did not alter the dry matter root and shoot productions, therefore the total dry matter of control plants increased compared with stressed plants. The ratio root/shoot did not alter among the treatments.

There were no differences at the root distribution among the soil layers. Despite of Calcium status has been increased in the subsoil, the roots did not show a growth in direction to these layers.

It has been observed increases in the amount of Ca in leaves, stems and roots. The amount of K in the stems decreased with increasing gypsum levels and the amount of Mg decreased in all the plant parts, with increasing gypsum levels

The increasing gypsum levels decreased the amount of amino acids in leaves and stems. The amounts of amino acids and total soluble protein increased in the plants subjected to water stress, except in the roots, where the protein amount decreased.

The increasing gypsum levels increased the amount of reducing sugars in the control plants stems. It was observed a increase in the amount of reducing sugars in stems and roots of stressed plants, but not in leaves.

It was observed a increase in the soluble sugars in stems and roots of stressed plants, but not in leaves.

The amount of total nitrogen of leaves did not change in all treatments. It decreased in stems with increasing gypsum levels and increased in the roots of stressed plants.

The amounts of sulfur of leaves and stems did not alter with increasing gypsum levels, but the roots amount did, increasing with increasing gypsum levels.

The gypsum doses did not affect the root growth despite of the increase of the Ca, Mg and K status along the soil profiles.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU SÁ, T.D. de Avaliação ecofisiológica de seringueiras (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.), submetidas a diferentes intensidades de sangria, em ambientes contrastantes do estado de São Paulo. Campinas, UNICAMP, 1991. 133p. (Tese de Doutorado)

ALCARDE, J.C. Contraditória, confusa e polêmica: é a situação do uso do gesso na agricultura. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, 41:1-3, mar. 1988.

ALLEN, S.G.; NAKAYAMA, F.S.; DIERIG, D.A. & RASNICK, B.A. Plant water relations, photosynthesis, and rubber content of young guayule plants during water stress. *Agronomy Journal*, Wisconsin, 79:1030-5, Nov/Dec. 1987.

ARGANDONA, V. & PAHLICH, E. Water stress on proline content and enzyme activities in barley seedlings. *Phytochemistry*, Oxford, 30(4):1093-4, Mar. 1991.

- ASPINALL, D. & PALEG, L.G. Proline accumulation: Physiological aspects. In: PALEG, L.G. & ASPINALL, D., eds. *The physiology and biochemistry of drought resistance in plants*. Sidney, Academic Press, 1981 p.215-28.
- ASSMANN, S.M. & GRANTZ, D.A. The magnitude of the stomatal response to blue light: Modulation by atmospheric humidity. *Plant Physiology*, Maryland, 93:701-9, June 1990.
- ASSOCIATION of OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Methods of Analysis*, 12nd Ed. Washington, 1975, 1094p.
- BARIAC, T.; RAMBAL, S.; JUSSERAND, C. & BERGER, A. Evaluating water fluxes of field-grown alfalfa from diurnal observations of natural isotope concentrations, energy budget and ecophysiological parameters. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, 48:263-83, Oct. 1989.
- BARLOW, E.W.R.; MUNNS, R.; SCOTT, N.S. & REISNER, A.H. Water potential growth and polyribosome content of the stressed wheat apex. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 28:(105)909-16, Aug. 1977.
- BATES, L.M. & HALL, A.E. Stomatal closure with soil water depletion not associated with changes in bulk leaf water status. *Oecologia*, Berlin, 50:62-5, 1981.

- BEADLE, C.L.; NELSON, R.E.; TALBOT, H. & JARVIS, P.G. Stomatal conductance and photosynthesis in a mature scots pine forest. I. Diurnal, seasonal and spatial variation in shoots. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, 22:557-71, 1985.
- BENZIONI, A. & MILLS, D. The effect of water status and season on the incorporation of $^{14}\text{CO}_2$ and $[^{14}\text{C}]$ -acetate into resin and rubber fractions in guayule. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 81:45-50, Jan. 1991.
- BERGONCI, J.I. Estudos fisiológicos relacionados com o balanço de CO_2 durante a ontogenia foliar em *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. Viçosa, UFV, 1981. 53p. (Tese MS).
- BLACKMAN, P.G. & DAVIES, W.J. Root to shoot communication in maize plants of the effects of soil drying. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 36:(162)39-48, Jan. 1985.
- BLANCHARD, R.W.; REHM, G. & CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acids. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 29:71-8, 1965.
- BLUM, A. & EBERCON, A. Genotype responses in sorghum to drought stress. III. free proline accumulation and drought resistance. *Crop Science*, Madison, 16:428-431, May/June 1976.

- BORCHERT, R. Simulation of rhythmic tree growth under constant conditions. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 29:173-80, 1973.
- BOYER, J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiology*, Maryland, 46:233-5, Aug. 1970.
- BRADFORD, K.J. & HSIAO, T.C. Physiological responses to moderate water stress. In: LANGE, O.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B. & ZIEGLER, H., eds. *Encyclopedia of Plant Physiology. Physiological Plant Ecology*. Berlin, Springer-Verlag, 1982. V. 12 B, p. 263-323
- BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein binding. *Analytical Biochemistry*, 72:248-54, 1976.
- BRAGA, F A. Efeito do gesso agrícola no crescimento inicial e na nutrição mineral de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden sob diferentes níveis de irrigação. Lavras, ESAL, 1991. 138p. (Tese MS).

- BUENO, N. Quantidade de alumínio no substrato afetando o desenvolvimento, a sintomatologia de toxicidade, a concentração e o acúmulo de macro e micronutrientes em seringueira (*Hevea spp*). Piracicaba, ESALQ, 1987. 92p. (Tese de Doutorado).
- BUHL, M.B. & STEWART, C.R. Effects of NaCl on proline synthesis and utilization in excised barley leaves. *Plant Physiology*, Maryland, 72:664-7, July 1983.
- BUTTERY, B.R. & BOATMAN, S.B. Water deficit and flow of latex. In: KOZLOWSKI, T.T. *Water deficit and plant growth*. New York, Academic Press, 1976. V. 1, p.233-89.
- CABALLERO, J.I.; VERDUZCO, C.V.; GALÁN, J.M. & JIMÉNEZ, E.S. Proline accumulation as a symptom of drought stress in maize: A tissue differentiation requirement. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 39(204):889-97, July 1988.
- CARBON, B.A.; BARTLE, G.A. & MURRAY, A.M. Patterns of water stress and transpiration in jarrah (*Eucalyptus marginata* Don ex Sm) forests. *Australian Forest Research*, Victoria, 11:191-200, Dec. 1981.
- CARMO, D.N. do & FIGUEIREDO, M. de SOUZA. Solos para seringueira manejo e conservação. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 11(121):13-7, jan. 1985.

CANNEL, M.G.R. Dry matter partitioning in tree crops. In:
CANNEL, M.G.R. & JACKSON, J.E., eds. **Attributes of Trees as
Crop Plants.** England, Institute of Terrestrial Ecology,
1985. 160-93p.

CARVALHO, L.J.C.B.; GOMIDE, R.L.; RODRIGUES, G.C.; D.M.G. &
FREITAS Jr, E. de. Resposta do milho à aplicação de gesso e
déficit hídrico em solos de cerrados. In: SEMINÁRIO SOBRE O
USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985.
Anais... Brasilia, EMBRAPA-DDT, 1986. P.61-83.

CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation.
Journal of Experimental Botany, Oxford, 42(234):1-16, Jan.
1991.

CHOUDHURY, B.J. & FEDERER, C.A. Some sensitivity results for
canopy temperature and spatial variation induced by soil
hydraulic heterogeneity. **Agricultural and Forest Meteorology**,
Amsterdam, 31:297-317, May 1984.

COMPAGNON, P. **Le Caoutchouc Naturel: Biologie-Culture-Producion**
Paris, Ed. P. Maisonneuve et Larose, 1986. 543p.

CONCEIÇÃO, H.E.O.; OLIVA, M.O. & LOPES, N.F. Resistência à seca em seringueira II. Crescimento e partição de assimilados em clones submetidos a deficit hídrico. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 21(2):141-53, fev. 1986.

_____; _____; _____ & ROCHA NETO, O.G. da. Resistência à seca em seringueira I. Balanço hídrico e produção primária em seis clones submetidos a deficit. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 20(9):1041-50, set. 1985.

CORREA, A.F.F.; RANZANI, G. & FERREIRA, L.G.R. Relações entre o déficit hídrico e alguns processos fisiológicos e bioquímicos em quatro clones de seringueira. Acta Amazônica, Manaus, 16/17(único):3-12, 1986/87.

CREELMAN, R.A.; MASON, H.S. BENSON, R.J. BOYER, J.S. & MULLET, J.E. Water deficit and abscisic acid cause differential inhibition of shoot versus root growth in soybean seedlings. Analysis of growth, sugar accumulation, and gene expression. Plant Physiology, Maryland, 92:205-14, Jan. 1990.

DELÚ FILHO, N. & OLIVEIRA, L.E.M. Influência de baixas temperaturas na degradação de clorofila em plantas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESAL, 4, Lavras, 1990, Anais... Lavras, ESAL, 1990. p.19.

- DELÚ FILHO, N.; OLIVEIRA, L.E.M.; ALVARENGA, A.A. de & GOMIDE, M.B. Seleção de genótipos de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) tolerantes ao alumínio. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE LATINO AMERICANA DE FISILOGIA VEGETAL, 10, Puerto Iguazú, 1989. *Anais...*Puerto Iguazú, SLAFV, 1989. p.61.
- DEVAKUMAR, A.S.; GURURAJA, G.; RAJAGOPAL, R.; RAO, P.S.; GEORGE, M.J.; VIJAYAKUMAR, K.R. & SETHURAJ, M.R. Studies on soil-plant-atmosphere in *Hevea*: II Seasonal effects on water relations and yield. *Indian Journal of Natural Rubber Research*, New Delhi, 1(2):45-60, 1988.
- DROSSOPOULOS, J.B.; KARAMANOS, A.J. & NIAVIS, C.A. Changes in ethanol soluble carbohydrates during the development of two wheat cultivars subjected to different degrees of water stress. *Annals of Botany*, Cambridge, 59:173-180, Feb. 1987.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Cerrado: Fisiologia e programa do centro de pesquisa (Grupo de Implantação do CPAC). Cerrado, Brasília, 7:22-6, 1975.
- FOX, T.C. & GEIGER, D.R. Osmotic response of sugar beet leaves at CO₂ compensation point. *Plant Physiology*, Maryland, 80:239-241, Jan. 1985.

- FREIRE, A.L.O. Efeitos do déficit hídrico sobre alguns aspectos biofísicos, bioquímicos e no desenvolvimento do feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.). Lavras, ESAL, 1990. 86p. (Tese MS)
- FREIRE, F.M.; GUIMARÃES, P.T.G.; VENEGAS, V.H. & MELLES, C.C.A. Calagem, gessagem e adubação do cafeeiro. Belo Horizonte, EPAMIG, 1984. (Boletim Técnico, 11)
- FRIEDRICH, J.W. & SCHRADER, L.E. Sulfur deprivation and nitrogen metabolism in maize seedlings. *Plant Physiology*, Maryland, 61:900-3, June 1978.
- FUKUTOKU, Y & YAMADA, Y. Sources of proline-nitrogen in water-stressed soybean (*Glycine max*). II. Fate of ¹⁵N-labelled protein. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 61:622-8, Aug. 1984.
- FURTINI NETO, A.E. Efeito do enxofre no crescimento e assimilação de nitrogênio por diferentes espécies de eucalipto. Lavras, ESAL, 1988. 95p. (Tese MS)
- GATES, D.M. Leaf temperature and energy exchange. *Archive of Meteorology, Geophysics and Bioclimatology*, 12:321-36, 1963.

- GOLLAN, T.; PASSIORA, J.B. & MUNNS, R. Soil water status affects the stomatal conductance of fully turgid wheat and sunflower leaves. *Australian Journal of Plant Physiology*, Victoria, 13:459-64, 1986.
- GOMES, A.R.S. & KOZLOWSKI, T.T. Stomatal characteristics, leaf waxes, and transpiration rates of *Theobroma cacao* and *Hevea brasiliensis* seedlings. *Annals of Botany*, Cambridge, 61:425-32, Apr. 1988.
- GRANTZ, D.A. & SCHWARTZ, A. Guard cells of *Commelina communis* L. do not respond metabolically to osmotic stress in isolated epidermis: Implication for stomatal responses to drought and humidity. *Planta*, New York, 174:166-73, May 1988.
- GUIMARAÊS, P.G.G. O gesso agrícola na neutralização do alumínio nas camadas subsuperficiais do solo: Aplicações às culturas anuais e perenes. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. *Anais...* Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. P.145-65.
- GURURAJA RAO, G.; DEVAKUMAR, A.S.; RAJANGOPAL, R.; ANNAMMA, Y.; VIJAYAKUMAR, K.R. & SETHURAJ, M.R. Clonal variation in leaf epicuticular waxes and reflectance: Possible role in drought tolerance in *Hevea*. *Indian Journal of Natural Research*, New Delhi, 1(2):84-7, 1988.

HALLE, F.G. & MARTIN, R. Etude de la croissance rythmique chez l'*Hevea*. *Adansonia*, Paris, 218(4):475-503, 1968.

HANDA, S.; BRESSAN, R.A.; HANDA, A.K.; CARPITA, N.C. & HASEGAWA, P.M. Solutes contributing to osmotic adjustment in cultured plant cells adapted to water stress. *Plant Physiology*, Maryland, 73:834-43, Nov. 1983.

HANSON, A.D. & HITZ, W.D. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 33:163-203, 1982.

HENSON, I.E. Abscisic acid and water relations of rice (*Oryza sativa* L.): Effects of drought conditioning on abscisic acid accumulation in the leaf and stomatal response. *Annals of Botany*, Cambridge, 52:247-55, Aug. 1983.

_____. Dependence of abscisic acid accumulation in leaves of pearl-millet (*Pennisetum americanum* [L] Leeke) on rate of development of water stress. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 36(196):1232-9, Aug. 1985.

HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 24:519-70, 1973.

- HUANG, ZONG DAO & XUENGIN, Z. Rubber cultivation in China. In: INTERNATIONAL RUBBER RESEARCH AND DEVELOPMENT BOARD, Pequim, 1983. Symposium, Pequim, 1983. p. 18.
- IDSO, S.B.; JACKSON, R.D. & REGINATO, R.J. Remote sensing of crop yields. *Science*, Washington, 196(4285):19-25, Apr. 1977.
- JACKSON, R.D.; IDSO, S.B.; REGINATO, R.J. & PINTER, P.J.Jr. Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resource Research*, Washington, 17:1133-8, 1981.
- JONES, H.G. *Plants and Microclimate. A quantitative approach to environmental plant physiology.* Cambridge, Cambridge University Press, Cambridge, 1983. 323p.
- JOYCE, P.S.; PALEG, L.G. & ASPINALL, D. The requirement for low-intensity light in the accumulation of proline as a response to water deficit. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 35(51):209-18, Feb. 1984.
- KANDPAL, R.P. & RAO, N.A. Alterations in the biosynthesis of proteins and nucleic acids in Finger Millet (*Eleusine coracana*) seedlings during water stress and the effect of proline on protein biosynthesis. *Plant Science*, North Holland, 40:(2)73-79, Aug. 1985.

- KARAMI, E.; KRIEG, D.R.; QUISENBERRY, J.E. Water relations and carbon-14 assimilation of cotton with different leaf morphology. *Crop Science*, Madison, 20:421-26, July/Aug. 1980.
- KIRSCHBAUM, M.I.F.; GROSS, L.J. & PEARCY, R.W. Observed and modelled stomatal responses to dynamic light environments in the shade plant *Alocasia macrorrhiza*. *Plant Cell and Environment*, New York, 11:111-21, 1988.
- KUANG, J; TURNER, N.C. & HENSON, I.E. Influence of xylem water potential on leaf elongation and osmotic adjustment of wheat and lupin. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 41(223): 217-21, Feb. 1990.
- LIM, T.M. & NARAYANAN, R. Estimation of the area of rubber leaves (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) using two leaflet parameters. *Experimental Agriculture*, New York, 8:311-4. June 1972.
- LINDEMANN, W. Observation on the behavior of Phosphate compounds on *Chlorella* at the transition from dark to light. In: Proc. 2nd United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, 24:8-15, 1958.

- LINDNER, R.C. Rapid analytical methods for some of the more common inorganic constituents of plant tissues. *Plant Physiology*, Maryland, 19:76-89, 1944.
- LLERAS, E. & MEDRI, E.M. Comparação anatômica entre folhas diplóides e poliplóides de híbrido. *Hevea brasiliensis* x *Benthamiana* (IAN 717). *Acta Amazônica*, Manaus, 8:(4)569-75, dez. 1978.
- LUDLOW, M.M. Adaptative significance of stomatal responses to water stress. In: TURNER, N.C. & KRAMER, P.J., eds. *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress*. New York, Wiley, 1980. p.123-38.
- MALAVOLTA, E.; GUILHERME, M.R. & LIEM, T.H. Associações fosfogesso-calcário: Princípios e aplicações. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. *Anais...* Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. P.177-96.
- MANSFIELD, T.A.; HETHERINGTON, A.M. & ATKINSON C.J. Some current aspects of stomatal physiology. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 41:55-75, 1990.
- MEYER, R.F. & BOYER, J.S. Osmoregulation, solute distribution and growth in soybean seedlings having low water potentials. *Planta*, New York, 151:482-9, Apr. 1981.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, Washington, 31:426-8, 1959.

MORGAM, J.M. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 35:299-319, 1984

NONAMI, H. & BOYER, J.S. Primary events regulating stem growth at low water potentials. *Plant Physiology*, Maryland, 94:1601-9, Dec. 1990a.

_____ & _____. Wall extensibility and cell hydraulic conductivity decrease in enlarging stem tissues at low water potentials. *Plant Physiology*, Maryland, 93:1610-9, Aug. 1990b.

_____ & SCHULZE, E.D. Cell water potential, osmotic potential, and turgor in the epidermis and mesophyll of transpiring leaves. *Planta*, New York, 177:35-46, 1989.

NUNES, M.A.; CATARINO, F. & PINTO, E. Strategies for acclimation to seasonal drought in *Ceratonia siliqua* leaves. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 77:150-6, Sept. 1989.

- OLIVEIRA, L.E.M. Comportamento fisiológico de plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp) sob condições de deficiência hídrica: Alterações da assimilação do nitrato e mobilização de açúcares. Campinas, UNICAMP. 1985. 126p. (Tese de Doutorado)
- OLMOS, J.I.L. & CAMARGO, M.N. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 28(2):171-80, fev. 1976.
- ORTOLANI, A.A. Aptidão climática para cultura da seringueira em Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 11(121):8-12, Jan. 1985.
- _____ ; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P. & BRUNINI, O. Aptidão agroclimática para regionalização da heveicultura no Brasil. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO PARA RECOMENDAÇÕES DE CLONES DE SERINGUEIRA, 1, Brasília, 1983. *Anais...* Brasília, EMBRAPA/SUDHEVEA, 1983. p.19-28
- PARKER, W.C. & PALARDY, S.G. Genotypic variation in tissue water relations of leaves and roots of black wall nut (*Juglans nigra*) seedlings *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 64:105-10, May 1985.

- PAVAN, M.A. & BINGHAN, F.T. Toxicity of aluminium to coffee seedlings grown in nutrient solution. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 46(5):993-7, Sept./Oct. 1982.
- _____ ; _____ & PRATT, P.F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 48(1):33-8, Jan./Feb. 1984.
- _____ & VOLKWEISS, S.J. Efeitos do gesso nas relações solo-planta: princípios. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. *Anais...* Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. P.107-18
- PIERCE, M. & RASCHKE, K. Correlation between loss of turgor and accumulation of abscisic acid in detached leaves. *Planta*, New York, 148:174-82, Mar. 1980.
- PITA, F.A.O; OLIVA, M.A. & SILVA, E.A.M. da. Desenvolvimento morfológico de folhas de *Hevea brasiliensis* Muell Arg. e *H. pauciflora* Muell Arg. submetidas a dois regimes hídricos. *Acta Amazônica*, Manaus, 16/17(único):175-88, 1986/87.
- QUICK, P.; SIEGL, G.; NEUHAUS, E.; FEIL, R. & STITT, M. * Short-term water stress leads to a stimulation of sucrose synthesis by activating sucrose-phosphate synthase. *Planta*, New York, 177:535-46, Apr. 1989.

- RAO, G.G.; RAO, P.S.; RAJAGOPAL, R.; DEVAKUMAR, A.S.; VIJAYAKUMAR, K.R. & SETHURAJ, M.R. Influence of soil, plant & meteorological factors on water relations and yield in *Hevea brasiliensis*. *International Journal of Biometereology*, Berwyn, 34:175-80, 1990.
- REEVE, N.G. & SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching of surface applied amendments. *Agrochemophysica*, Pretoria, 4(1):1-6, Jan./Feb. 1972.
- REIS, G.G. & HALL, A.E. Relações hídricas e atividade do sistema radicular de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. em condições de campo. *Revista Árvore*, Viçosa, 11(1):43-55, 1987.
- _____ ; REIS, M.G.F. & MAESTRI, M. Crescimento e relações hídricas de mudas de *Eucalyptus grandis* e *E. camaldulensis* em tubetes sob três regimes de irrigação. *Revista Árvore*, Viçosa, 12(2):183-95, 1988.
- REIS, E.L.; SANTANA, C.J.L. & CABALA-ROSAND, P. Influência da calagem na produção da seringueira no Sul da Bahia. *Revista Theobroma*, Ilhéus, 14(1):33-44, 1984.

- RENDIG, V.V.; OPUTA, C. & McCOMB, E.A. Effects of sulfur deficiency on non-protein nitrogen, soluble sugars, and N/S ratios in young corn (*Zea mays* L.) plants. *Plant and Soil*, The Hague, 44:423-37, 1976.
- RESNIK, M.E. & MENDES, L.F. Water relations of young potted rubber plants subjected to various degrees of water stress. *Revista Theobroma*, Itabuna, 9(4):185-95, nov. 1979.
- ROBERTS, J.; CABRAL, O.M.R. & AGUIAR, L.F. de. Stomatal and boundary-layer conductances in an Amazonian Terra Firme rain forest. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, 27:336-53, Apr. 1990.
- _____; WALLACE, J.S. & PITMAN, R.M. Factors affecting stomatal conductance of bracken bellow a forest canopy. *Journal of Applied Ecology*, Oxford, 21:643-55, 1984.
- ROBERTSON, J.M.; HUBICK, K.T.; YEUNG, E.C. & REID, D.M. Developmental responses to drought and abscisic acid in sunflower roots. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 41(224):325-37, Mar. 1990.
- ROCHA NETO, O.G. da; CANO, M.A.O. & TIEBAUT, J.T.L. Eficiência no uso da água em plântulas de seringueira submetidas a deficit hídrico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 18(4):365-69 abr. 1983.

- ROSA, L.M.; DILLENBURG, L.R. & FORSETH, I.N. Responses of soybean leaf angle, photosynthesis and stomatal conductance to leaf and soil water potential. *Annals of Botany*, Cambridge, 67:51-58, Jan. 1991.
- ROSENTHAL, W.D.; ARKIN, G.F.; SHOUSE, P.J. & JORDAN, W.R. Water deficit effects on transpiration and leaf growth. *Agronomy Journal*, Wisconsin, 79:1019-26, Nov./Dec. 1987.
- SAAB, N.I. & SHARP, R.E. Non-hydraulic signals from maize roots in drying soil: inhibition of leaf elongation but not stomatal conductance. *Planta*, New York, 179:466-74, Nov. 1989.
- SACCOMANI, M.; CACCO, G. & FERRARI, G. Effect of nitrogen and/or sulphur deprivation on the uptake and assimilation steps of nitrate and sulfate in maize seedlings. *Journal of Plant Nutrition*, New York, 7(7):1043-57, 1984.
- SAMSUDIM, Z. & IMPENS, F. Water vapor and carbon dioxide diffusion resistance of four *Hevea brasiliensis* clonal seedlings. *Experimental Agriculture*, New York, 14:173-7, Apr. 1978.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; BRADSTREET, E.D. & HEMMINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. *Science*, Washington, 148(3668):339-46, Apr. 1965.

- SCHULZE, E.D. Carbon dioxide and water vapor exchange in response to drought in the atmosphere and in soil. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, 37:247-74, 1986.
- SHARP, R.E. HSIAO, T.C. & SILK, W.K. Growth of the maize primary root at low water potentials. *Plant Physiology*, Maryland, 93:1337-46, Aug. 1990.
- SHORROCKS, V.M. Mineral nutrition, growth and nutrient cycle of *Hevea brasiliensis*. Growth and nutrient content. *Rubber Research Institute of Malaya*, Kuala Lumpur, 19:32-47, 1965.
- SILVA, A. de A. Efeito das relações $\text{CaCO}_3/\text{CaSO}_4$ no movimento de nutrientes no solo e no desenvolvimento do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). Lavras, ESAL, 1990. 80p. (Tese MS).
- SINCLAIR, T.R. & LUDLOW, M.M. Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. *Australian Journal of Plant Physiology*, Victoria, 12:213-17, 1985.
- SOLOMONSON, L.P. & BARBER, M.J. Assimilatory nitrate reductase: Functional properties and regulation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, 41:225-53, 1990.

SOUSA, C.A.F. de Influência do alumínio na mobilização de reservas, nutrição mineral e crescimento de plantulas de seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). Lavras, ESAL, 1991. 120p. (Tese MS).

SOUSA, D.M.G. & RITCHEY, K.D. Uso de gesso no solo de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. Anais... Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. P.119-138

SQUIRE, R.O.; ATTIWILL, P.M. & NEALES, T.F. Effects of changes of available water and nutrients on growth, root development and water use in *Pinus radiata* seedlings. *Australian Forest Research*, Victoria, 17(2):99-111, 1987.

STEWART, C.R. Role of carbohydrates in proline accumulation in wilted barley leaves. *Plant Physiology*, Maryland, 61:775-78, May 1978.

TANNER, C.B. Momentum, mass and heat exchange of vegetation. In: MONTEITH, J.L. ed., *Vegetation and Atmosphere*. New York, Academic Press, 1963. V.1,

THOMAS, H. Accumulation and consumption of solutes in swards of *Lolium perenne* during drought and after rewatering. *New Phytologist*, London, 118:35-48, May 1991.

- TULLY, R.E.; HANSON, A.D. & NELSEN, C.E. Proline accumulation in water-stressed barley leaves in relation to translocation and the nitrogen budget. *Plant Physiology*, Maryland, 63:518-23, Mar. 1979.
- TURNER, N.C. Crop water deficits: A decade of progress. *Advances in Agronomy*, Ithaca, 39:1-51, 1986.
- VANCE, N.C. & ZAERR, J.B. Analysis by high-performance liquid chromatography of free amino acids extracted from needles of drought-stressed and shaded *Pinus ponderosa* seedlings. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 79:23-30, May 1990.
- VASSEY, T.L.; QUICK, W.P.; SHARKEY, T.D. & STITT, M. Water stress, carbon dioxide, and light effects on sucrose-phosphate synthase activity in *Phaseolus vulgaris*. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, 81:37-44, Jan. 1991. *
- VIRK, S.S. & SINGH, O.S.S. Osmotic properties of drought stressed periwinkle (*Catharantus roseus*) genotypes. *Annals of Botany*, Cambridge, 66:23-30, 1990.
- VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E. & MALAVOLTA, E. Respostas de culturas anuais e perenes. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1, Brasília, 1985. *Anais...* Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. p.17-44.

- VITTI, G.C. & MALAVOLTA, E. Fosfogesso - uso agrícola In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS AGRÍCOLAS, Piracicaba, Fundação Cargil, 1985. p. 161-201.
- WATSON, G.A. Climate and Soil. In: WEBSTER, C.C. & BAULKWILL, W.J. Rubber. New York, Longman Scientific & Technical, 1990. pp.125-164.
- WHITEHEAD, D.; OKALI, D.U.U. & FASEHUN, F.E. Stomatal response to environmental variables in two tropical forest species during the dry season in Nigeria. Journal of Applied Ecology, London, 18:571-87, Aug. 1981.
- WILSON, R.F.; BURKE, J.J. & QUISENBERRY, J.E. Plant morfological and biochemical responses to field water deficits. Plant Physiology, Maryland, 84:251-54, May 1987.
- WINKEL, T. & RAMBAL, S. Stomatal conductance of some grapevines growing in the field under a mediterranean environment. Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam, 51: 107-21, 1990.
- YEMM, E.W. & COCCKING, E.C. The determination of amino acid with ninhydrin. Analyst, London, 80:209-13, 1955.

YEMM, E.W. & WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal*, London, 57:508-14, 1954.

ZHANG, J. & DAVIES, W.J. Sequential response of whole plant water relations to prolonged soil drying and the involvement on xylem sap ABA regulation in the regulation of stomatal behavior of sunflower plants. *New Phytologist*, London, 113:167-74, Oct. 1989.

APÊNDICE

Quadro 1A -Análise físico-química do Latossolo Vermelho-Amarelo
Álico utilizado no experimento.

Resultado da análise química do material.

Profundidade (cm)	pH	P K		Ca Mg Al		
		ppm		meq/100cc		
0-20	5.4	1	36	0.25	0.1	0.65
20-40	5.2	1	21	0.20	0.1	0.65
40-60	5.7	1	13	0.10	0.10	0.10

Profundidade (cm)	Zn	Fe Cu		Mn
		ppm		
0-20	0,15	73,4	0,6	2,2
20-40	0,10	44,8	0,3	1,1
40-60	0,10	30,8	1,0	1,0

Resultados da análise textural.

Profundidade (cm)	Textura (%)			Carbono (%)	
	Areia	Silte	Argila	Carb. Org.	Mat. Org.
0-20	34	30	36	1.9	3.3
20-40	34	25	41	1.7	3.0
40-60	31	30	39	1.1	1.9

Retenção de umidade , em porcentagem do peso seco do solo.

Profundidade (cm)	Tensões (atm)				
	-15	-1	-0.33	-0.10	-0.06
0-20	20.80	22.90	24.30	29.00	33.30
20-40	21.20	22.90	24.30	28.00	36.20
40-60	22.50	23.90	25.30	28.60	31.40

QUADRO 2A- Resumo da análise de variância para o potencial hídrico foliar de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso em diferentes dias de avaliação.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	18.779	1.6609	0.2019
Regime hídrico	1	403.931	35.7252	0.0000
Interação	3	1.126	0.0996	n. s.
Erro	24	11.307		
Época	6	286.116	25.7428	0.0000
Gesso X época	18	9.667	0.8697	n. s.
R. hídrico X época	6	76.753	6.9057	0.000
	1	0	0	n. s.
	1	38.720	3.7124	0.0732
	1	9.138	2.1117	0.1668
	1	3.044	0.3390	n. s.
	1	27.380	2.2444	0.1548
	1	658.845	32.2410	0.0000
	1	127.321	16.5543	0.0010
Gesso X RH X época	18	11.652	1.0484	0.4107
Erro	144	11.114		
C. V. (%)	28,21			

QUADRO 3A- Resumo da análise de variância para o teor relativo de água foliar de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso em diferentes dias de avaliação.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	124.399	3.1962	0.0515
Regime hídrico	1	1084.116	27.8548	0.0000
Interação	3	108.041	2.7759	0.0632
Erro	24	38.920		
Época	6	957.449	30.2732	0.0000
Gesso X época	18	28.681	0.9068	n.s.
R. hídrico X época	6	667.849	21.1165	0.000
	1	0	0	n.s.
	1	0.0110	0.0006	n.s.
	1	0.495	0.1356	n.s.
	1	0.717	0.0257	n.s.
	1	3.0750	0.2137	n.s.
	1	409.051	12.49051	0.0030
	1	4677.863	44.0649	0.0000
Gesso X RH X época	18	18.981	0.6002	n.s.
Erro	144	31.627		
C.V. (%)	6.53			

QUADRO 4A- Resumo da análise de variância para a condutância estomática de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso em diferentes dias de avaliação.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	9905.718	0.8191	n. s.
Regime hídrico	1	76200.35	6.3009	0.0192
Interação	3	15519.55	1.2833	0.3027
Erro	24	12093.45		
Época	6	59698.58	36.2126	0.0000
Gesso X época	18	1999.464	1.2129	0.2583
R. hídrico X época	6	21249.26	12.8896	0.000
	1	2.531	0.0007	n. s.
	1	272.028	0.0511	n. s.
	1	5657.82	1.5280	0.2354
	1	5037.570	1.7145	0.2101
	1	63143.03	21.4980	0.0003
	1	90865.85	22.5209	0.0003
	1	38717.10	61.4808	0.0000
Gesso X RH X época	18	1223.984	0.7425	n. s.
Erro	144	1648.559		
C.V. (%)	36.11			

QUADRO 5A- Resumo da análise de variância para a transpiração de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso em diferentes dias de avaliação.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	2.401	1.0422	0.3918
Regime hídrico	1	32.206	13.980	0.0010
Interação	3	3.442	1.4942	0.2414
Erro	24	2.304		
Época	6	12.742	29.3471	0.0000
Gesso X época	18	0.543	1.2510	0.2295
R. hídrico X época	6	9.100	20.9592	0.0000
	1	0.000	0.0057	n. s.
	1	0.004	0.0077	n. s.
	1	2.422	2.4296	0.1399
	1	0.986	1.8177	0.1976
	1	39.9040	24.2098	0.0002
	1	24.470	21.5011	0.0003
	1	19.021	55.2986	0.0000
Gesso X RH X época	18	0.359	0.8275	n. s.
Erro	144	0.434		
C. V. (%)	40.79			

QUADRO 6A- Resumo da análise de variância para a temperatura foliar de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso em diferentes dias de avaliação.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	1.381	0.3724	n.s.
Regime hídrico	1	3.230	0.8711	n.s.
Interação	3	2.009	0.5418	0.3027
Erro	24	12093.45		
Época	6	581.896	435.8693	0.0000
Gesso X época	18	1.089	0.8155	0.2583
R. hídrico X época	6	1.372	1.0280	0.4096
	1	0.101	0.7874	n.s.
	1	0.863	1.0170	0.3292
	1	0.061	0.0864	n.s.
	1	0.605	0.6362	n.s.
	1	0.428	0.3996	n.s.
	1	4.351	1.1571	0.2991
	1	5.040	3.6746	0.0745
Gesso X RH X época	18	0.499	0.3739	n.s.
Erro	144	1.335		
C.V. (%)	4.16			

QUADRO 7A- Resumo da análise de variância para a altura de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso em diferentes dias de avaliação.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	259.975	0.2751	n.s.
Regime hídrico	1	1519.604	1.6083	0.2100
Interação	3	2222.818	2.3526	0.0819
Erro	56	944.850		
Época	5	830.767	66.0333	0.0000
Gesso X época	15	17.272	1.3729	0.1597
R. hídrico X época	5	326.751	25.9717	0.0000
Gesso X RH X época	15	17.364	1.3802	0.1560
Erro	280	12.581		
C.V. (%)	4.28			

QUADRO 8A- Resumo da análise de variância para a matéria seca da parte aérea de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso ao final do experimento.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	4.976	0.3526	n. s.
Regime hídrico	1	537.092	38.0547	0.0000
Interação	3	30.718	2.1765	0.1170
Erro	24	14.114		
<hr/>				
C.V. (%)	13.55			

QUADRO 9A- Resumo da análise de variância para a matéria seca da raiz de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso ao final do experimento.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	5.532	1.6985	0.1940
Regime hídrico	1	54.174	16.6335	0.0004
Interação	3	12.030	3.6937	0.0257
I	2	16.144	3.8638	0.0500
NI	2	1.913	0.7206	
Erro	24	3.257		
<hr/>				
C.V. (%)	13.21			

QUADRO 10A- Resumo da análise de variância para a matéria seca total de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso ao final do experimento.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	15.600	0.8435	n.s.
Regime hídrico	1	965.746	52.2174	0.0000
Interação	3	70.471	3.8103	0.0230
I	2	62.636	2.7715	0.1030
NI	2	23.435	2.0349	0.1795
Erro	24	18.495		
C.V. (%)	10.41			

QUADRO 11A-Resumo da análise de variância para a distribuição em percentagem da matéria seca da raiz (A) e da parte aérea (B) de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso ao final do experimento.

A) Raiz

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	0.001	0.4790	n. s.
Regime hídrico	1	0.003	2.3092	0.1417
Interação	3	0.003	1.9333	0.1511
Erro	24	0.001		
C.V. (%)	5.97			

B) Parte Aérea

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	0.006	1.0867	0.3737
Regime hídrico	1	0.015	2.8935	0.1019
Interação	3	0.003	0.5817	n. s.
Erro	24	0.005		
C.V. (%)	0.165			

QUADRO 12A- Resumo da análise de variância para o número de lançamentos apresentados pelas plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso ao final do experimento.

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	0.057	0.2760	n. s.
Regime hídrico	1	5.641	27.1720	0.0000
Interação	3	0.432	2.0824	0.1128
Erro	24	0.208		
<hr/>				
C. V. (%)	13.56			
<hr/>				

QUADRO 13A- Resumo da análise de variância para os diâmetros do caule de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso no início e ao final do experimento.

Início do experimento

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	0.670	1.7485	0.1839
Regime hídrico	1	0.835	2.17935	0.1529
Interação	3	0.303	0.7893	n.s.
Erro	24	.383		
<hr/>				
C.V. (%)	13.21			
<hr/>				

Final do experimento

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	0.173	0.5198	n.s.
Regime hídrico	1	5.712	17.1602	0.0004
Interação	3	0.737	2.2147	0.1124
Erro	24	0.333		
<hr/>				
C.V. (%)	6.78			
<hr/>				

QUADRO 14A- Resumo da análise de variância para o teor de aminoácidos totais de folha (A), caule (B) e raiz (C) de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso ao final do experimento.

A) Folha

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	8480.457	5.8127	0.0039
Regime hídrico	1	92067.697	63.1058	0.0000
Interação	3	3831.219	2.6260	0.0735
Erro	24	1458.941		
C.V. (%)	33.85			

B) Caule

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	1446.363	7.2733	0.0012
Regime hídrico	1	2807.065	14.1159	0.0010
Interação	3	36.493	0.1835	n.s.
Erro	24	198.859		
C.V. (%)	26.08			

C) Raiz

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	1007.073	2.2949	0.1034
Regime hídrico	1	3794.076	8.6457	0.0071
Interação	3	980.545	2.2344	0.1102
Erro	24	438.839		
C.V. (%)	21.89			

QUADRO 15A- Resumo da análise de variância para o teor de proteínas solúveis totais de folha (A), caule (B) e raiz (C) de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso ao final do experimento.

A) Folha

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	234417.962	0.7200	n.s.
Regime hídrico	1	2248180.529	6.90488	0.0147
Interação	3	53367.713	0.1639	n.s.
Erro	24	325596.939		

C.V. (%) 24.63

B) Caule

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	28249.826	1.3309	0.2876
Regime hídrico	1	1810685.451	85.3051	0.0000
Interação	3	28841.173	1.3588	0.2792
Erro	24	21226.000		

C.V. (%) 11.67

C) Raiz

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	43822.866	0.3324	n.s.
Regime hídrico	1	956002.242	7.2517	0.0127
Interação	3	127227.834	0.9651	n.s.
Erro	24	131830.710		

C.V. (%) 18.99

QUADRO 16A- Resumo da análise de variância para o teor de açúcares redutores de folha (A), caule (B) e raiz (C) de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso ao final do experimento.

A) Folha

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	216576057.683	0.6147	n.s.
Regime hídrico	1	208163759.990	0.5908	n.s.
Interação	3	239526830.532	0.6798	n.s.
Erro	24	352341305.515		
C.V. (%)	19.53			

B) Caule

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	5.532	1.6985	0.1940
Regime hídrico	1	54.174	16.6335	0.0004
Interação	3	12.030	3.6937	0.0257
I	2	16.144	3.8638	0.0500
NI	2	1.913	0.7206	
Erro	24	3.257		
C.V. (%)	13.21			

C) Raiz

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	17183605.480	0.0540	n.s.
Regime hídrico	1	12840809115.9	40.3463	0.0000
Interação	3	34702356.583	0.1090	n.s.
Erro	24	318265023.230		
C.V. (%)	24.12			

QUADRO 17A- Resumo da análise de variância para o teor de açúcares solúveis totais de folha (A), caule (B) e raiz (C) de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso ao final do experimento.

A) Folha

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	9410364.807	0.0155	n. s.
Regime hídrico	1	3866908846.52	6.3535	0.0188
Interação	3	1096689083.32	3.8018	0.1738
Erro	24	608654636.634		
<hr/>				
C.V. (%)	19.81			

B) Caule

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	485111656.061	3.7696	0.0239
Regime hídrico	1	19269119290.8	149.7306	0.0000
Interação	3	447931483.676	3.4806	0.0315
I	2	456014687.904	2.8636	0.0965
NI	2	477028451.882	6.7910	0.0109
Erro	24	128691940.363		
<hr/>				
C.V. (%)	14.50			

C) Raiz

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	154774129.872	0.3669	n. s.
Regime hídrico	1	33136596767.5	78.5461	0.0000
Interação	3	157467023.63	0.3733	n. s.
Erro	24	421874471.338		
<hr/>				
C.V. (%)	19.16			

QUADRO 18A- Resumo da análise de variância para o teor de nitrogênio total de folha (A), caule (B) e raiz (C) de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso ao final do experimento.

A) Folha

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	0.062	1.5481	0.2278
Regime hídrico	1	0.037	0.9309	n.s.
Interação	3	0.029	0.0400	n.s.
Erro	24	0.040		

C.V. (%)	7.55			
----------	------	--	--	--

B) Caule

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	0.052	3.4648	0.0320
Regime hídrico	1	0.170	11.231	0.0027
Interação	3	0.026	1.7281	0.1880
Erro	24	0.015		

C.V. (%)	16.16			
----------	-------	--	--	--

C) Raiz

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	0.050	0.3857	n.s.
Regime hídrico	1	0.858	6.6498	0.0165
Interação	3	0.002	0.0130	n.s.
Erro	24	0.129		

C.V. (%)	25.25			
----------	-------	--	--	--

QUADRO 19A- Resumo da análise de variância para o teor de enxofre de folha (A), caule (B) e raiz (C) de plantas irrigadas e não irrigadas sob diferentes doses de gesso ao final do experimento.

A) Folha

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	0.001	2.3238	0.1004
Regime hídrico	1	0.001	1.5510	0.2250
Interação	3	0.001	0.9356	n.s.
Erro	24	0.001		
<hr/>				
C.V. (%)	13.11			

B) Caule

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	0.000	2.1500	0.1203
Regime hídrico	1	0.000	0.3000	n.s.
Interação	3	0.000	1.2500	0.3137
Erro	24	0.015		
<hr/>				
C.V. (%)	16.93			

C) Raiz

Causas da variação	G.L.	Q.M.	F	PROB.
Níveis de gesso	3	0.017	5.0113	0.0077
Regime hídrico	1	0.002	0.4543	n.s.
Interação	3	0.003	0.8748	n.s.
Erro	24	0.003		
<hr/>				
C.V. (%)	28.49			

