

ADAUCTO BELLARMINO DE PEREIRA NETTO ^{27/6}



COMPORTAMENTO FISIO-ECOLÓGICO DE PLANTAS DE
KUDZU (Pueraria spp.): EFEITO DA TEMPERATURA E ^{27/6}
DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA SOBRE A ASSIMILAÇÃO DO
NITRATO E BALANÇO HÍDRICO NA PLANTA.

*Este exemplar corresponde à versão final da
tese defendida pelo Candidato Adauto Bel-
larmino de Pereira Netto.*

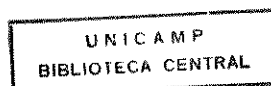
Campinas, 15/9/88

Tese apresentada ao Instituto de
Biologia da Universidade Estadual
de Campinas para a obtenção do
título de Mestre em Ciências
Biológicas na área de Biologia
Vegetal.

Orientador: HILTON SILVEIRA PINTO ^{7/2}

CAMPINAS

- 1988 -



À minha mãe, irmãos e esposa,
pelo carinho e apoio

MINHA HOMENAGEM

A meu pai (in memoriam)
dedico este trabalho, agra-
decendo pelo estímulo à in-
vestigação científica e ami-
zade.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Hilton Silveira Pinto, pela orientação, apoio e amizade, sem os quais não teria sido possível a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária pelo apoio financeiro durante a realização deste trabalho.

Ao Professor Antônio Celso Novaes de Magalhães pelas valiosas sugestões recebidas ao longo deste trabalho.

Aos Membros da banca examinadora pela revisão criteriosa do texto e sugestões apresentadas.

Aos Professores Ladaslav Sodek, Rui e Linda Caldas, Antônio C. Gabriele e Kuniko Haga pelas sugestões e discussões durante a execução deste trabalho.

Ao Instituto Agronômico de Campinas pelas facilidades oferecidas.

Ao Professor John D. Hay pela cessão de parte do equipamento utilizado e aos Eng. Agrônomos Frederico Durães e Nilton Bueno por parte do material vegetal utilizado e apoio recebido.

Aos técnicos dos Laboratórios de Fisiologia e de Anatomia Vegetal do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, pelo auxílio recebido.

Aos Engenheiros Tomãs de Aquino e Luís Guilherme e Sr. Sérgio Zullo pelo auxílio no processamento dos dados.

À Srta. Rosana pelo esforço e zelo na datilografia.

Aos Colegas do curso de pós-graduação, em especial ao Paulo Mosquim, Geni Tonin, Maria Auxiliadora, Alberto Jorge, José Carlos, Carlos Bueno, Dulce Rocha, Klink, Leandro e Gláucia pela sua amizade, que juntamente com suas famílias, tornaram mais agradável minha permanência em Campinas.

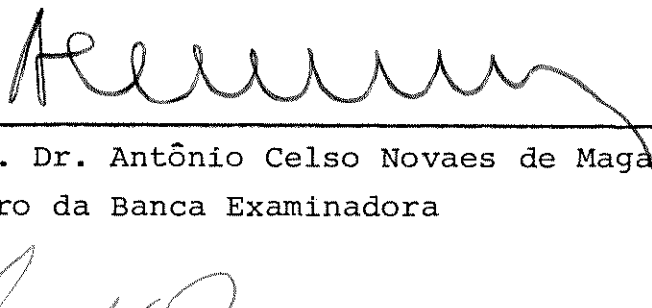
Um Agradecimento especial ao Engº Agrônomo Olinto G. da Rocha Neto pelo incentivo à realização deste trabalho, apoio e valiosas sugestões.

Trabalho realizado junto ao Departamento de Fisiologia Vegetal do Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas, sob a orientação do Professor Dr. Hilton Silveira Pinto.

Aprovado por:



Prof. Dr. Hilton Silveira Pinto
Professor Orientador



Prof. Dr. Antônio Celso Novaes de Magalhães
Membro da Banca Examinadora



Dr. Orivaldo Brunini
Membro da Banca Examinadora

Í N D I C E

I- INTRODUÇÃO

1. Aspectos Gerais	1
1.1. Descrição, caracterização botânica e origem do gênero <u>Pueraria</u> spp	1
1.2. Importância econômica	2
1.2.1. Formas mais comuns de utilização econômica de <u>Pueraria</u> spp	2
a. Forragem	2
b. Adubo Verde	3
c. Cultura de cobertura	3
d. Controle de erosão e proteção contra inso- lação	3
1.2.2. O consórcio seringueira x puerária	4
a. A nível mundial	4
b. No Estado de São Paulo	4

II- REVISÃO DE LITERATURA

1. Aspectos eco-fisiológicos	6
1.1. Efeito do estresse hídrico, extremos de temperatura e outros fatores ambientais sobre alguns processos fi- siológicos	6
1.1.1. Atividade da redutase de nitrato	7
1.1.2. Resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar	8
a. Efeito da radiação visível:	9
b. Efeito do déficit de pressão de vapor	9
c. Efeito da temperatura	10
d. Efeito do déficit hídrico	11
1.1.3. Temperatura foliar	12
1.1.4. Conteúdo relativo de água	13

2. Aspectos da anatomia foliar associados à economia de água	14
2.1. Posição dos estômatos com relação à epiderme	15
2.2. Frequência e diâmetro dos poros dos estômatos	15
2.3. Espessura da cutícula	15
2.4. Frequência e comprimento de tricomas	16

III- MATERIAIS E MÉTODOS

1. Aspectos Gerais	17
1.1. Experimento em casa de vegetação	17
1.2. Experimento a nível de campo	19
2. Parâmetros avaliados	19
2.1. Parâmetros fisio-ecológicos	19
2.1.1. Resistência foliar à difusão de vapor de água e temperatura foliar	19
2.1.2. Atividade da redutase de nitrato	19
2.1.3. Conteúdo relativo de água da folha	20
2.1.4. Défice de pressão de vapor entre a folha e o ar	20
2.1.5. Temperatura foliar medida através de termome- tria de infra-vermelho	20
a. Experimento em casa de vegetação	20
b. Experimento a nível de campo	20
2.2. Parâmetros microclimáticos	21
2.2.1. Radiação solar global instantânea	21
2.2.2. Radiação solar global diária	21
2.2.3. Temperatura e umidade relativa do ar	22
2.2.4. Conteúdo de água do solo	22
a. Experimento em casa de vegetação	22
b. Experimento a nível de campo	22
2.2.5. Precipitação pluviométrica e temperaturas mí- nima, média e máximas locais	22

2.2.6. Análise de fertilidade e conteúdo de água do solo próximo da capacidade de campo	23
3. Anatomia foliar	23
3.1. Estrutura da lâmina foliar	23
3.2. Frequência de estômatos	23
3.3. Frequência e comprimento de tricomas	24
3.4. Espessura da cutícula	24
4. Amostragem	24
4.1. Horário da amostragem	24
4.2. Discriminação da folha utilizada com relação ao parâmetro avaliado	25
a. Experimento em casa de vegetação	25
b. Experimento a nível de campo	25
4.3. Número de plantas amostradas por parâmetro avaliado.	25
4.4. Amostragem utilizada para caracterização da anatomia foliar	25

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Padronização das condições de ensaio da redutase de nitrato "in vivo"	28
1.1. Absorbância em função do tempo de reação do ensaio .	28
1.2. Atividade da redutase de nitrato em função do pH do meio de reação	28
1.3. Atividade da redutase de nitrato em função da concentração do nitrato no meio de reação	30
1.4. Atividade da redutase de nitrato em função da temperatura de incubação do ensaio	31
1.5. Atividade da redutase de nitrato em função do estágio ontogenético da folha	31
2. Aspectos fisio-ecológicos avaliados no experimento a nível de campo	33

2.1. Aspectos microclimáticos	33
2.1.1. Temperaturas máximas e mínimas absolutas do ar verificadas à época do experimento	33
2.1.2. Temperaturas médias do ar verificadas à época do experimento	35
2.1.3. Radiação solar global diária e instantânea ..	35
2.1.4. Umidade relativa do ar: Média diária e valor absoluto no momento das amostragens	37
2.1.5. Precipitação pluviométrica verificada à época do experimento	37
2.1.6. Temperatura do ar no momento das amostragens	
2.2. Aspectos edáficos	38
2.2.1. Fertilidade do solo	38
2.2.2. Conteúdo de água do solo próximo da capacida- de de campo	41
2.2.3. Conteúdo de água do solo no momento das amos- tragens	41
2.3. Aspectos interativos	41
2.3.1. Atividade da redutase de nitrato em função da temperatura do ar	41
2.3.2. Atividade da redutase de nitrato em função da radiação solar global	43
2.3.3. Temperatura foliar, medida com o porômetro e temperatura do ar	44
2.3.4. Conteúdo relativo de água da folha em função do conteúdo de água do solo	47
2.3.5. Conteúdo relativo de água da folha e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar	48
2.3.6. Resistência foliar à difusão de vapor de água e radiação solar global instantânea	48
2.3.7. Resistência foliar à difusão de vapor de água e temperatura do ar	50

2.3.8. Resistência foliar à difusão de vapor e diferença de pressão de vapor entre a folha e o ar .	52
2.3.9. Resistência foliar à difusão de vapor de água e conteúdo de água do solo	53
2.4. Aspectos fisiológicos	54
2.4.1. Atividade de NR e temperatura foliar	54
2.4.2. Atividade de NR em função do conteúdo relativo de água da folha	54
2.4.3. Atividade de NR em função da resistência foliar à difusão de vapor de água	57
2.4.4. Resistência foliar à difusão de vapor de água e conteúdo relativo de água da folha	57
2.4.5. Resistência foliar à difusão de vapor de água e temperatura foliar	60
3. Aspectos fisio-ecológicos avaliados no experimento em casa de vegetação	62
3.1. Aspectos microclimáticos	62
3.1.1. Temperatura do ar	62
3.1.2. Radiação solar global	62
3.1.3. Umidade relativa do ar	65
3.2. Aspectos edáficos	65
3.2.1. Conteúdo de água do solo	65
3.3. Aspectos interativos	67
3.3.1. Temperatura foliar e temperatura do ar	67
3.3.2. Conteúdo relativo de água da folha em função do conteúdo de água do solo	67
3.3.3. Resistência foliar à difusão de vapor de água e conteúdo de água do solo	69
3.4. Aspectos fisiológicos	70
3.4.1. Conteúdo relativo de água da folha em função do número de dias após o início do experimento	70

3.4.2. Resistência foliar à difusão de vapor de água em função do número de dias após o início do experimento	70
3.4.3. Atividade de NR em função do número de dias após o início do experimento	73
3.4.4. Atividade de NR em função do conteúdo relativo de água da folha	75
3.4.5. Atividade de NR e resistência foliar à difusão de vapor de água	75
3.4.6. Conteúdo relativo de água da folha e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar	77
3.4.7. Diferença entre a temperatura foliar de plantas sob déficit hídrico induzido e plantas-controle no momento das amostragens	78
3.4.8. Resistência foliar à difusão de vapor de água e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar	80
3.4.9. Resistência foliar à difusão de vapor de água e conteúdo relativo de água da folha	81
4. Anatomia foliar	84
4.1. Frequência média de estômatos	84
4.2. Espessura média da cutícula	87
4.3. Frequência e comprimento médio de tricomas	88
4.4. Aspectos descritivos da estrutura foliar	88
V. <u>CONCLUSÕES</u>	93
VI. <u>RESUMO</u>	95
VII. <u>ABSTRACT</u>	97
VIII. <u>LITERATURA CITADA</u>	99

LISTA DE FIGURAS

Figura nº	Título	pág.
	<u>Experimento a nível de campo</u>	
1	Efeito do tempo de reação do ensaio sobre a absor- bância	29
2	Efeito do pH do meio de reação sobre a atividade da redutase de nitrato	29
3	Efeito da concentração de nitrato no meio de rea- ção sobre a atividade da redutase de nitrato	32
4	Efeito da temperatura de incubação do ensaio sobre a atividade da redutase de nitrato	32
5	Efeito do estágio ontogenético da folha sobre a atividade da redutase de nitrato	34
6	Temperaturas máximas e mínimas absolutas do ar ve- rificadas à época do experimento	34
7	Temperaturas médias do ar verificadas à época do experimento	36
8	Radiação solar global diária e instantânea, medi- da no momento e local das amostragens	36
9	Umidade relativa do ar: Média diária e valor abso- luto medido no momento e local das amostragens	39
10	Precipitação pluviométrica diária verificada à épo- ca do experimento	39
11	Temperatura do ar medida no momento e local de a- mostragem	42

12	Conteúdo de água do solo determinado em amostra coletada no local e momento das amostragens	42
13	Efeito da temperatura do ar sobre a atividade da redutase de nitrato	45
14	Relação entre a atividade da redutase de nitrato e a radiação solar global instantânea	45
15	Relação entre a atividade da redutase de nitrato e a radiação solar global diária	46
16	Variação na temperatura foliar em função da variação na temperatura do ar	46
17	Alteração no conteúdo relativo de água da folha em função da variação no conteúdo de água do solo	49
18	Efeito do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar sobre o conteúdo relativo de água da folha ...	49
19	Alteração na resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função da radiação solar global instantânea	51
20	Alteração na resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função da temperatura do ar	51
21	Relação entre a resistência foliar à difusão de vapor e o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar	55
22	Alteração na resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função do conteúdo de água do solo	55
23	Efeito da temperatura foliar sobre a atividade da redutase de nitrato	56

24	Efeito do conteúdo relativo de água da folha sobre a atividade da redutase de nitrato	56
25	Relação entre a atividade da redutase de nitrato e a resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar	58
26	Alteração na resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função do conteúdo relativo de água da folha	58
27	Relação entre a resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar e a temperatura foliar	63
	<u>Experimento em casa de vegetação</u>	
28	Temperatura do ar no interior da casa de vegetação no momento das amostragens	63
29	Radiação solar global diária fora da casa de vegetação nos dias anteriores e nos dias utilizados para amostragem	64
30	Radiação solar global instantânea no momento das amostragens	64
31	Umidade relativa do ar medida no interior da casa de vegetação no momento das amostragens	66
32	Conteúdo de água do solo no momento das amostragens	66
33	Variação na temperatura foliar em função da variação na temperatura do ar no interior da casa de vegetação	68
34	Alteração no conteúdo relativo de água da folha em função do conteúdo de água do solo	68

35	Alteração na resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função do conteúdo de água do solo	71
36	Conteúdo relativo de água da folha em função do número de dias após a suspensão da irrigação	71
37	Resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função do número de dias após a suspensão da irrigação	74
38	Atividade da redutase de nitrato em função do número de dias após a suspensão da irrigação	74
39	Alteração na atividade da redutase de nitrato em função do conteúdo relativo de água da folha	76
40	Alteração na atividade da redutase de nitrato em função da resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar	76
41	Variação no conteúdo relativo de água da folha em função da variação no déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar	79
42	Diferença entre a temperatura foliar de plantas sob déficit hídrico e irrigadas em função do número de dias após a suspensão da irrigação	79
43	Relação entre a resistência foliar à difusão de vapor de água e o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar	82
44	Alteração na resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função do conteúdo relativo de água da folha	82

LISTA DE TABELAS

Tabela nº	Título	pág.
1	Solução nutritiva utilizada no experimento em casa de vegetação	18
2	Número de plantas amostradas para cada parâmetro fisiológico avaliado nos experimentos em casa de vegetação e no campo	26
3	Número de plantas e campos observados ao microscópio e à lupa nos estudos de anatomia foliar	27
4	Resultados e interpretação da análise de fertilidade do solo de acordo com a classificação por teores para o Estado de São Paulo	40
5	Frequências e comprimentos médios de tricomas em <u>P. phaseoloides</u> e <u>P. lobata</u>	89

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia nº	Título	pág.
1	Fotomicrografia da estrutura da lâmina foliar de <u>Pueraria phaseoloides</u>91	
2	Fotomicrografia da epiderme superior de <u>Pueraria phaseoloides</u>92	
3	Fotomicrografia da epiderme inferior de <u>Pueraria lobata</u>92	

INTRODUÇÃO

1. ASPECTOS GERAIS

1.1. Descrição, caracterização botânica e origem do gênero *Pueraria* spp

Ao gênero *Pueraria* pertencem plantas perenes, pubescentes e de hábito rasteiro. Seus caules são flexíveis e grossos, quando adultos, com entre-nós longos, atingindo mais que doze metros de comprimento e que quando em contato com solo úmido emitem raízes adventícias originando novos indivíduos. O sistema radicular é bem desenvolvido, emaranhado na superfície, podendo alcançar dois metros de profundidade. As folhas são compostas, trifolioladas, com pecíolos compridos. As flores de cinco pétalas, de cor variando entre o púrpura e o violeta se agrupam em inflorescências de racemos não ramificados que maturam gradativamente, provocando frutificação desuniforme. O fruto é uma vagem com número variável de sementes (PAEZ, 1946; ALCÂNTARA e BUFARAH, 1951; ROCHA, 1964 & MARTINEZ, 1971).

O gênero *Pueraria* pertence à família leguminosae, sub-família papilionácea. Principalmente duas espécies de interesse econômico têm sido descritas: *P. lobata* (Willd.) Ohwi (*P. thunbergiana* (Sieb & Zucc) Benth) e *P. phaseoloides* (Roxb.) Benth. var. *javanica* (Benth.) Bak. (*P. javanica* Benth.) (BOGDAN, 1977).

P. lobata, puerária ou kudzu comum, apresenta como centro de origem o arquipélago japonês, enquanto que *P. phaseoloides*, puerária ou kudzu tropical, tem como centro de origem o sudeste da Ásia, mais especificamente a Malásia e Indonésia (BOGDAN, 1977 & PENTEADO *et al.*, 1983). *P. lobata* pode ser distinguida de *P. phaseoloides* pelas

suas folhas mais largas e usualmente mais lobadas e pelas vagens mais largas (BOGDAN, 1977).

1.2. Importância econômica

O gênero Pueraria spp vem sendo cultivado com muito sucesso nas regiões tropicais e sub-tropicais de todo o mundo (PAEZ, 1946; TELFORD e CHILDERS, 1947; BOTTON, 1958; DIRVEN, 1965; MARTINEZ, 1971 & HUGHES et al., 1978), tendo sido intensamente utilizada como planta forrageira, adubo verde, cultura de cobertura e ainda no controle da erosão e na proteção contra insolação excessiva sobre o solo.

1.2.1. Formas mais comuns de utilização econômica de Pueraria spp.

a. Forragem

Pueraria spp vem sendo utilizada e recomendada como planta forrageira em consórcio ou não, em programas de melhoramento de pastagens.

Em consequência de sua alta produção de massa verde ($30-40 \text{ ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) e concentração de proteínas (13-23% da matéria seca) tem proporcionado aumento na capacidade de suporte dos pastos consorciados (25%) e melhoramento do estado nutricional do gado, possibilitando aumento no ganho de peso entre 29 e 33%, quando comparado a pastos de gramíneas não consorciados (DIRVEN, 1965 & LIRA et al., 1970).

A baixa exigência nutricional associada à ausência de pragas e doenças relevantes favorecem o cultivo desta forrageira em áreas tropicais (TELFORD e CHILDERS, 1947; ALCÂNTARA e BUFARAH, 1951; BOTTON, 1957 & ROCHA, 1964).

b. Adubo verde

A alta produção de matéria verde e o aporte de nitrogênio proporcionado pela fixação biológica através das bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, fazem da puerária uma planta muito utilizada como adubo verde, melhorando aspectos nutricionais, principalmente pelo aumento nos teores de nitrogênio e matéria orgânica, e estruturais de solos esgotados por cultivos intensos ou não (PAEZ, 1946; ALCÂNTARA e BUFARAH, 1951; NEME, 1966; PIO-CORRÊA, 1969 & MARTINEZ, 1971).

c. Cultura de cobertura

Em diversas áreas tropicais e sub-tropicais a puerária vem sendo utilizada com grande sucesso como cultura de cobertura em plantas de bananeira (PENTEADO et al., 1983), seringueira (KUAN e KOK, 1982 & PENTEADO et al., 1983), Citrus spp e dendê (DIRVEN, 1965), café (BOTTON, 1957) e cacau (PENTEADO et al., 1973).

O crescimento rápido e vigoroso da puerária confere-lhe vantagens sobre outras plantas também utilizadas como cultura de cobertura, destacando-se: melhor conservação do solo, melhor controle sobre ervas daninhas e melhoramento nas características físico-químicas do solo (LIRA et al., 1970 & PENTEADO et al., 1983).

d. Controle de erosão e proteção contra insolação

A grande extensão e ramificação do sistema radicular, entrelaçando-se próximo à superfície do solo tornam a puerária uma planta adequada para o controle da erosão ao permitir a fixação de diferentes camadas ao longo do perfil com grande eficiência e facilitar a drenagem da água das camadas mais superficiais para as camadas mais profundas (TELFORD e CHILDERS, 1947 & BOTTON, 1957).

A densa cobertura formada quando do fechamento do dossel impede a incidência de radiação solar direta sobre o solo, evitando seu superaquecimento e desequilíbrio da sua fauna e flora ao mesmo tempo que intercepta a precipitação pluviométrica não permitindo que grandes volumes de água caiam diretamente sobre o solo causando erosão (TELFORD e CHILDERS, 1947 & PENTEADO et al., 1983).

1.2.2. O consórcio seringueira x puerária

a. A nível mundial

Na Malásia e em outros países produtores de borracha natural, a puerária vem sendo a cultura mais utilizada como cobertura durante a implantação de seringais (JOHN, 1963).

Experimentos realizados em Belém-PA (Relatório anual - 1984: Convênio EMBRAPA/FCAP-Seringueira, 1985) mostram que a puerária possui maior resistência à seca e ao sombreamento quando comparada a outras culturas utilizadas como cobertura, permitindo o prolongamento do período de cultivo sob o seringal e antecipando ainda em cerca de um ano o tempo de entrada em sangria da seringueira, possivelmente ao evitar a danificação do sistema radicular provocado por métodos mecânicos de controle de ervas daninhas.

b. No Estado de São Paulo

A introdução da cultura da seringueira no Estado de São Paulo data da década de 1910, localizando-se inicialmente em Gavião Peixoto (GONÇALVES et al., 1983).

Nos últimos anos vem-se verificando significativo avanço da heveicultura no Estado, tendo-se estimado para o final do ano de 1985 uma área plantada de 15.000 hectares (CORTEZ, 1985). Este avanço dá-se pela necessidade de atendimento da crescente demanda inter

na de borracha natural, seu alto valor comercial e o aparente potencial climático existente no Planalto Paulista.

As condições ecológicas verificadas na área compreendida pelo Planalto Paulista são bastante favoráveis ao desenvolvimento da heveicultura, uma vez que , principalmente a alta incidência de patógenos verificada nas condições da Amazônia, não são ali observadas. A baixa temperatura e a baixa umidade relativa do ar verificada no planalto paulista nos meses de julho e agosto, época de troca das folhas da seringueira, ocasião em que se observa a maior incidência de patógenos na Amazônia, constituem-se fatores adversos à proliferação destes patógenos, principalmente do Microcyclus ulei, possibilitando aumento significativo na produtividade dos seringais. Esta particularidade climatológica faz com que o Planalto Paulista se caracterize como uma região de "escape" para o cultivo da seringueira (ORTOLANI, 1985).

O incremento na área ocupada pela heveicultura gera necessidade de recomendação de culturas de cobertura para a fase de implantação dos seringais. Culturas tradicionalmente plantadas no Estado, à exemplo do milho, feijão e soja, têm sido utilizadas como plantio intercalar nos seringais, visando principalmente a proteção do solo e a redução dos custos da implantação do seringal (FANCELLI, 1985). As vantagens da utilização da puerária como cultura de cobertura, associadas às suas características forrageiras fazem desta, uma planta com alto potencial econômico para produtores de borracha natural que também se dedicam à pecuária, utilizando-se da puerária como banco de proteínas para o rebanho, possibilitando grande redução dos custos de implantação e manutenção dos seringais, contribuindo ainda para a melhoria das características físico-químicas e da conservação do solo.

Este estudo tem como objetivo, observar o efeito do estresse hídrico e térmico sobre a assimilação do nitrato e balanço hídrico em plantas de Pueraria spp., visando sua eventual recomendação como cultura intercalar a ser utilizada em seringais em implantação na região do Planalto Paulista.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Aspectos eco-fisiológicos

A recomendação da puerária como cultura intercalar para seringais em implantação no Planalto Paulista requer estudos que esclareçam aspectos relacionados ao comportamento eco-fisiológico destas plantas em condições distintas daquelas onde normalmente são cultivadas.

A região do planalto paulista possui como característica climática, duas estações bem definidas, apresentando em uma baixa precipitação pluviométrica e baixa temperatura do ar e em outra alta precipitação e alta temperatura do ar. Baixa precipitação pluviométrica associada à baixa temperatura do ar não é de ocorrência frequente nas regiões tradicionalmente cultivadas com puerária, induzindo a imaginar que o déficit hídrico e o estresse de temperatura poderiam comprometer o cultivo da puerária nas áreas de expansão da heveicultura no Estado de São Paulo. Assim, realizaram-se alguns estudos que pudessem indicar efeitos da disponibilidade de água no solo e de baixas temperaturas sobre processos fisiológicos da planta que poderiam comprometer o desenvolvimento da cultura nesta região.

1.1. Efeito do estresse hídrico, extremos de temperatura e outros fatores ambientais sobre alguns processos fisiológicos.

Quedas na disponibilidade de água no solo e temperaturas extremas têm influenciado negativamente os índices de produtividade da maioria das culturas, provocando baixas consideráveis na produção de biomassa e de grãos.

Estudos que demonstrem os efeitos do estresse hídrico e de temperatura sobre processos fisiológicos vitais são de grande importância uma vez que, através dos mesmos, pode-se estimar e prever os danos provocados por tais condições do ambiente sobre o rendimento das

culturas, auxiliando na determinação de zoneamentos agroclimáticos e prioridades em programas de irrigação.

1.1.1. Atividade da redutase de nitrato

O nitrato é a forma predominante de nitrogênio no solo disponível para plantas superiores crescendo sob condições normais no campo (MATTAS e PAULI, 1965; HARPER e HAGEMAN, 1972 & BEEVERS e HAGEMAN, 1980).

Ao mediar a redução do nitrato a nitrito (MALDONADO et al., 1978; SHERRARD e DALLING, 1979; MATSUMOTO et al., 1979 & OAKS e HIREL, 1985), a redutase de nitrato (NR) tem sido considerada a enzima-chave no processo inicial de incorporação do nitrogênio em compostos orgânicos nos vegetais superiores (MATTAS e PAULI, 1965; PLAUT, 1973; MOHANTY e FLETCHER, 1976; MOROZ et al., 1984 & SOUALMI-BOUJEMAA et al., 1985).

A redutase de nitrato é uma enzima induzida pelo substrato, utiliza predominantemente NADH como cofator e tem sua atividade modulada por fatores genéticos, balanço nutricional e de reguladores de crescimento, idade do tecido, intensidade de radiação luminosa, temperatura e disponibilidade de água (BEEVERS e HAGEMAN, 1969; NICHOLAS et al., 1976 a.; BENZIONI e HEIMER, 1977; MANAM et al., 1977; MATSUMOTO et al., 1979; KHANNA-CHOPRA et al., 1980; MEGURO e MAGALHÃES, 1982; SANTORO e MAGALHÃES, 1983; MEGURO e MAGALHÃES, 1983; SAIRAM e DUBE, 1984 & OAKS e HIREL, 1985). A expressiva influência dos fatores do ambiente sobre a atividade da enzima, fazem da redutase de nitrato uma ferramenta de grande importância para o estudo de efeitos do ambiente sobre o comportamento fisiológico das plantas.

Pequenas alterações no balanço hídrico de plantas provoca-

das pelo déficit hídrico têm provocado redução na atividade de NR, enquanto que, quando o estresse se torna severo, a atividade da enzima praticamente cessa (MATTAS e PAULI, 1965). O efeito inibitório do estresse hídrico sobre a síntese enzimática também pode atuar sobre a NR (MATTAS e PAULI, 1965 & HSIAO, 1973). A menor atividade de NR observada em folhas de plantas submetidas a estresse hídrico pode estar associada à redução na síntese de novas moléculas e na absorção de nitrato, à degradação acelerada de moléculas pré-existentes ou à desnaturação reversível da enzima (PLAUT, 1973).

1.1.2. Resistência foliar à difusão de vapor de água

A resistência foliar à difusão de vapor de água (R_f) é determinada pelo somatório da resistência cuticular, resistência da camada limite e resistência estomática à difusão de vapor de água (LARCHER, 1986). Em plantas mesófitas, crescendo em condições naturais, a R_f é determinada principalmente pela resistência estomática à difusão de vapor de água (CATES, 1976).

Respostas dos estômatos a elementos fisio-climáticos como radiação solar, concentração de CO_2 , déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, temperatura e disponibilidade interna de água constituem importantes mecanismos para regulação das taxas de transpiração e fotossíntese, especialmente em ambientes onde a água constitui fator limitante para o estabelecimento de culturas (HALL e KAUFMANN, 1975 & ACKERSON e KRIEG, 1977). Assim, regulação estomática reduzindo a perda de água e em menor proporção o ganho de CO_2 , através do efeito das enzimas de assimilação do CO_2 , poderia aumentar a tolerância à seca em plantas submetidas prolongada ou temporariamente a déficit hídrico (MISKIN et al., 1972 & HENZELL et al., 1976).

a. Efeito da radiação visível

A radiação visível e o estresse hídrico têm sido considerados os principais fatores determinantes do comportamento estomático em ambientes naturais (TURNER e BEGG, 1973 & DENMEAD e MILLAR, 1976).

Recentemente, tem-se admitido que a radiação luminosa age sobre o comportamento estomático de duas formas, sendo uma indireta e outra direta. Na forma indireta, a radiação visível atuaria via alteração na concentração intercelular de CO_2 da folha, provocada pela assimilação de CO_2 através da fotossíntese, causando diminuição na concentração intercelular de CO_2 e consequentemente abertura estomática resultando na queda em R_f (SLATYER, 1967). Na forma direta, a radiação luminosa atuaria via hiperpolarização das membranas celulares, causada pelo excesso de elétrons gerado a nível dos foto-sistemas nos cloroplastos, extrusão de prótons acompanhada por troca por íons potássio e modulação de enzimas tais como PEP carboxilase e NADP-malato desidrogenase, abaixando o potencial osmótico das células-guarda, aumentando o influxo de água e com isto a abertura estomática (RAO e ANDERSON, 1983).

b. Efeito do déficit de pressão de vapor

A abertura estomática de várias espécies é diretamente influenciada pelo déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV) (SHERIFF, 1984).

Aumentos da R_f em resposta a diferenças crescentes entre a pressão de vapor de água da folha e do ar têm sido associados à indução de déficit hídrico especificamente localizado no aparelho estomático, independentemente do estado de hidratação da folha, resultante da maior taxa de perda de água das células epidérmicas adjacentes aos estômatos ou das paredes internas da câmara sub-estomática

ca (HALL e HOFFMAN, 1976; LUDLOW e IBAKARI, 1979; SINGH et al., 1982 & SHERIFF, 1984) ou de uma detecção direta do gradiente de umidade pelo aparelho estomático (LUDLOW e IBAKARI, 1979).

Aumento de Rf em resposta ao DPV é considerado um mecanismo importante no controle do balanço hídrico de plantas sob disponibilidade limitada de água (DENMEAD e MILLAR, 1976; SHERIFF e KAYE, 1977 & LUDLOW e IBAKARI, 1979), uma vez que o aumento no DPV provoca aumento na transpiração desde que Rf permaneça constante (DRAKE et al., 1970).

c. Efeito da temperatura

O principal efeito da temperatura na Rf ocorre sobre a velocidade de abertura e fechamento dos estômatos, sendo que, de modo geral, aumentos na temperatura aceleram a resposta dos estômatos aos diversos fatores ambientais (LARCHER, 1986).

De acordo com WEST e GAFF (1976) e ROGERS et al. (1979) a temperatura deve atuar sobre Rf de duas maneiras, uma direta e outra indireta. Na maneira direta, folhas mantidas em atmosfera livre de CO₂ têm aumentadas as velocidades de abertura e abertura final atingida pelos estômatos e a concentração de íons potássio nas células-guarda em resposta à elevação na temperatura. Na maneira indireta, variações na concentração interna de CO₂ provocadas por alterações metabólicas na fotorespiração, por exemplo, modificariam o comportamento estomático.

De acordo com MARKHART et al. (1980), efeitos da temperatura sobre o balanço hídrico das plantas podem resultar em alterações na Rf. Reduções na absorção de água pelas raízes em espécies sensíveis ao resfriamento, submetidas a baixa temperatura, têm sido consideradas componente importante dos efeitos do resfriamento

sobre a redução na condutância estomática ($1 / R_f$). No mesmo trabalho, os autores ainda mencionam que o aumento na proporção de ácidos graxos insaturados nas membranas das células do sistema radicular, possibilita, possivelmente através do aumento da viscosidade das membranas sob baixa temperatura, a manutenção de um fluxo mais adequado de água no sistema solo - planta - atmosfera, permitindo que a água perdida pelas folhas, através da transpiração, seja devidamente repostada, evitando a redução no potencial de pressão das células - guarda dos estômatos e com isto o aumento na R_f .

d. Efeito do déficit hídrico

De acordo com SLATYER (1967), dois são os tipos de resposta dos estômatos ao déficit hídrico. No primeiro tipo, a limitação no fluxo de água do sistema vascular para o mesófilo da folha e a tendência das células epidérmicas adjacentes às células - guarda diminuírem mais rapidamente seu potencial de pressão, geram aumento na R_f . No segundo tipo, o efeito do déficit hídrico sobre R_f não ocorre até que um valor crítico, indicativo da limitação na disponibilidade de água, é atingido, no qual, a redução da taxa da fotossíntese causada pelo déficit hídrico e possivelmente o aumento na taxa de respiração aumentam a concentração intercelular de CO_2 provocando aumento da R_f . Em recente trabalho, HOGLUND e KLOCKARE (1987) descrevem um tipo de resposta associado ao déficit hídrico rapidamente induzido semelhante ao descrito por SLATYER (1967) como " primeiro tipo ", no qual os estômatos reagiriam por movimentos hidro - passivos em consequência da retirada da água da epiderme para as células do mesófilo, que liberaria a pressão sobre as células - guarda; após a resposta de abertura transitória, a água é retirada também das células - guarda, causando o decréscimo na abertura estomática.

O fechamento dos estômatos em resposta à queda na disponibilidade de água no solo tem se mostrado um fenômeno generalizado em plantas superiores (WORMER, 1965; JORDAN e RITCHIE, 1971 & FRANK *et al.*, 1973). Este comportamento é considerado um dos principais meca-

nismos envolvidos na economia de água em condições de suprimento limitado de água (MOONEY e DUNN, 1970 & HENSON et al., 1982), evitando a dissecação através da manutenção do potencial da água da folha em níveis relativamente altos (McCREE e RICHARDSON, 1987).

O aumento de Rf em resposta ao estresse hídrico moderado tem sido relacionado, além da perda de turgescência foliar, à elevação na concentração interna de CO₂, acúmulo de ácido abscísico (ABA) (HSIAO, 1973) e de etileno, ainda que se tenha demonstrado a perda de envolvimento do etileno no fechamento dos estômatos (STUMPF e JOHNSON, 1987) e resposta pouco evidente de Rf à aplicação exógena de ABA em algumas espécies (SHAH et al., 1987).

1.1.3. Temperatura foliar

Sendo a temperatura foliar (Tf) resultado do fluxo de calor observado entre a folha e o ambiente (DRAKE et al., 1970), podemos considerar que Tf é determinada pelo balanço de energia da folha (CAMPBELL, 1977). Sendo assim, ganhos líquidos de energia devem ser acompanhados por aumento em Tf, enquanto que perdas líquidas de energia devem ser acompanhadas por diminuição em Tf. Desde que Tf permaneça constante, o balanço de energia pode ser definido, de forma simplificada, pela equação:

$$Q_{abs.} = Q_{rad.} + Q_{conv.} + Q_{trans.};$$

onde: $Q_{abs.}$ = Energia absorvida pela folha;

$Q_{rad.}$ = Energia perdida por radiação;

$Q_{conv.}$ = Energia perdida por convecção;

$Q_{trans.}$ = Energia perdida pela transpiração;

(FITTER e HAY, 1983).

De acordo com a equação do balanço de energia, aumentos na radiação solar global e da temperatura do ar tendem a alterar o equilíbrio entre o ganho e a perda de energia, através do incremento na taxa de absorção de energia do ambiente, trazendo como consequência inicial o aumento em T_f , que pode ser contrabalançado por aumento na taxa de transpiração desde que o suprimento de água não constitua fator limitante.

A redução no suprimento de água para as folhas, induzido pelo déficit hídrico também pode deslocar o equilíbrio do balanço de energia ao diminuir a perda de calor através da transpiração causada pelo fechamento dos estômatos, provocando aumento em T_f (COOK et al., 1964; JACKSON et al., 1977; JUNG e SCOTT, 1980; TURNER e BEGG, 1981; HASHIMOTO et al., 1984 & HATFIELD et al., 1987). Trabalhando com diferentes espécies de plantas lenhosas, GATES (1963) concluiu que o fluxo transpiratório se constituía no principal mecanismo de transferência de calor, juntamente com a re-irradiação. Assim, se o resfriamento da folha através do fluxo transpiratório é impedido, a convecção, reflexão e principalmente a re-irradiação, passariam a exercer papel mais importante no balanço de energia das folhas, sem contudo, atingir a eficiência no resfriamento observada quando da transpiração adequada (CARLSON et al., 1972).

O resfriamento das folhas através da perda de água através dos estômatos diminui a possibilidade de ocorrência de danos irreversíveis ao tecido em altas temperaturas (GRACE et al., 1980 & HENSON et al., 1982), provocados pela desestruturação de proteínas com a liberação de amônia (HENCKEL, 1964).

1.1.4. Conteúdo relativo de água

A água se move no sistema solo-planta-atmosfera em resposta a uma diferença no potencial de água existente ao longo deste sistema (BOYER, 1985).

1974; RITCHIE, 1974 & BOYER, 1985). Assim, o potencial mais negativo da água observado na interface planta-atmosfera, provoca o fluxo de água do solo para planta, seguindo a tendência de igualar o potencial da água em todo o sistema.

Na medida em que se altera o balanço hídrico da planta, resultante da diferença entre as taxas de ganho, através do sistema radicular, e de perda de água através das folhas, modifica-se o conteúdo relativo de água da folha (CRA) (JONES et al., 1982).

O abaixamento da temperatura e disponibilidade de água no solo, diminuindo a capacidade das raízes de suprir de água a parte aérea (BOYER, 1985), combinados a alta demanda evapo-transpiratória da atmosfera (RITCHIE, 1974), provocam abaixamento no CRA até que modificações nas condições ambientais permitam a recuperação do estado de hidratação adequado da planta.

Quedas no CRA durante curto intervalo de tempo têm sido associadas a aumento na intensidade de radiação solar e no déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ou a reduções acentuadas na temperatura, enquanto que quedas no CRA de longa duração têm sido associadas a limitação no suprimento de água causado pelo aumento da resistência ao fluxo no sistema solo-planta, possivelmente em consequência do rompimento das colunas de água no sistema vascular, resultante do abaixamento do potencial da água do solo (BOYER, 1985).

2. ASPECTOS DA ANATOMIA FOLIAR ASSOCIADOS À ECONOMIA DE ÁGUA

Dentre os aspectos da anatomia foliar associados à economia de água, a posição com relação à epiderme, a frequência e o diâmetro dos poros dos estômatos, a espessura e as características físico-químicas da cutícula e a frequência e comprimento de tricomas das folhas são continuamente mencionados como fatores influenciando o balanço hídrico e energético das plantas.

2.1. Posição dos estômatos com relação à epiderme

O aumento na distância entre os sítios de evaporação de água nas câmaras sub-estomáticas e a atmosfera exterior tende a diminuir a velocidade de perda de água pela transpiração, através do aumento da resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar. Assim, estômatos situados em depressões na epiderme, circundados por deposições de cutina ou cera ou situados abaixo de ante-câmaras epidérmicas apresentariam menor perda de água quando comparados a estômatos localizados no mesmo nível ou acima do nível da epiderme, com pequena distância entre o fundo da câmara sub-estomática e a abertura para exterior (FITTER e HAY, 1983).

2.2. Frequência e diâmetro dos poros dos estômatos

A frequência e diâmetro dos poros dos estômatos estariam diretamente relacionados ao volume de água perdido através do fluxo evapo-transpiratório, uma vez que o aumento na superfície de evaporação da folha teria como consequência maior perda de água (LARCHER, 1975).

O controle da abertura e fechamento dos estômatos pela planta exerce papel fundamental na economia de água em plantas mesófitas (GATES, 1976).

2.3. Espessura da cutícula

Deposições de camadas espessas de cutina e cera sobre as células da epiderme, pela sua natureza hidrofóbica, conferem à epiderme revestimento altamente resistente à difusão de água (FITTER e HAY, 1983), de grande utilidade para plantas crescendo em ambientes onde há limitações no suprimento de água (MOONEY e DUNN, 1970).

Plantas crescendo em ambientes onde há pequena disponibili-

dade de água, têm todavia, apresentado cutícula de pequena espessura, sugerindo que além da espessura das deposições, outros fatores como constituição química e padrão de deposição da cutina têm influência sobre o controle da perda de água (MORRETES, 1987).

2.4. Frequência e comprimento de tricomas

Alteração das características físicas da superfície da folha causada pela presença dos tricomas pode provocar, principalmente em condições de baixa velocidade de vento, aumento na resistência foliar à difusão de vapor de água ao aumentar a resistência à difusão de vapor da camada limite (TURNER e BEGG, 1981).

Um segundo efeito da presença dos tricomas está relacionado ao aumento na refletividade da folha, uma vez que a reflexão de uma parcela maior da radiação incidente permitiria o resfriamento da folha sem perda substancial de água pela transpiração (TURNER e BEGG, 1981).

MATERIAIS E MÉTODOS

1. ASPECTOS GERAIS

1.1. Experimento em casa de vegetação

Este experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Fisiologia Vegetal da Universidade Estadual de Campinas, medindo cerca de 150 m² com cobertura de vidro onde o coeficiente médio de transmissão de luz era de 50%.

As sementes de Pueraria phaseoloides (Roxb.) Benth. var. javanica (Benth) Bak. (P. javanica Benth) foram obtidas junto ao Centro Nacional de Pesquisa de Seringueira e Dendê, CNPSD - EMBRAPA. Após 12 horas de embebição em água destilada pré-aquecida a 75°C, procedeu-se sua semeadura em vermiculita.

Depois da emergência, as plântulas foram transferidas para 50 vasos de plástico rígido com volume de 5 litros, contendo latossolo roxo ao qual incorporou-se matéria orgânica, sendo irrigados semanalmente com 400 ml de solução nutritiva (Tabela 1). Quinze dias após, dois grupos de plantas com altura média de 20 cm foram separados e distribuídos ao acaso na casa de vegetação. O primeiro grupo foi permanentemente irrigado, de forma que o solo se mantivesse sempre próximo à capacidade de campo. O segundo grupo teve sua irrigação suspensa no início do experimento, induzindo-se o déficit hídrico.

Após apresentarem sinais de enrolamento dos folíolos e incapacidade de manutenção da turgescência dos pecíolos, as plantas submetidas a déficit hídrico foram novamente irrigadas para avaliação da recuperação do estresse hídrico.

TABELA 1 - Solução nutritiva utilizada no experimento em casa de vegetação.

Macronutrientes	Concentração (mM)
KNO_3	5,0
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	5,0
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	2,0
KH_2PO_4	1,0
Micronutrientes	Concentração (μM)
H_3BO_3	46,3
MnCl_2	14,4
ZnSO_4	1,4
H_2MoO_4	0,6
CuSO_4	0,5

1.2. Experimento a nível de campo

Este experimento foi realizado no Centro Experimental de Campinas do Instituto Agronômico, Campinas, SP (Latitude $22^{\circ}54'$, longitude $47^{\circ}50'$ e altitude de 669 metros).

Plantas de Pueraria lobata (Willd.) Ohwi (P. thunbergiana (Sieb. & Zucc.) Benth.), provenientes de propagação vegetativa, foram utilizadas neste experimento. A cultura apresentava-se na forma de um dossel fechado, cobrindo uma área de latossolo roxo, medindo aproximadamente 0,4 ha. O efeito da precipitação pluviométrica e de temperaturas extremas, entre os meses de setembro e novembro de 1986, foi estudado com o objetivo de inferir dados com relação ao comportamento dos parâmetros avaliados no experimento diante da ação destes elementos climáticos.

2. PARÂMETROS AVALIADOS

2.1. Parâmetros Fisio-ecológicos

2.1.1. Resistência foliar à difusão de vapor de água e temperatura foliar.

A resistência foliar à difusão de vapor de água (R_f) e a temperatura da superfície abaxial de folíolos centrais (T_{fp}) foram medidas com um porômetro do tipo "transient time" modelo LI-700 (LI-COR inc. Nebraska, USA) calibrado de acordo com resistências conhecidas.

2.1.2. Atividade da redutase de nitrato

A atividade da redutase de nitrato (NR) (E.C. 1.6.6.1), "in vivo", foi avaliada de acordo com o método descrito por KLEPPER et al. (1971) e mo-

dificado por MEGURO e MAGALHÃES (1983), utilizando-se tampão-fosfato, KNO_3 e propanol como meio de reação.

Baseado em experimentos preliminares, o pH e a concentração de nitrato do meio de reação e a temperatura de incubação do ensaio foram modificados visando à padronização do método para Pueraria sp.

2.1.3. Conteúdo relativo de água da folha

A estimativa do conteúdo relativo de água dos folíolos centrais, a partir deste momento denominado "conteúdo relativo de água da folha", foi baseada no método descrito por WEATHERLEY (1950).

2.1.4. Défice de pressão de vapor entre a folha e o ar

O défice de pressão de vapor de água entre o folíolo e o ar, de agora em diante denominado "défice de pressão de vapor entre a folha e o ar", foi estimado através da diferença entre a pressão parcial de vapor do ar na saturação à temperatura do folíolo, medida através do sensor de temperatura do porômetro, e a pressão parcial de vapor do ar à temperatura do ar, medida através de termômetros meteorológicos R. Fuess, no nível do dossel, próximo aos folíolos.

2.1.5. Temperatura foliar medida através de termometria de infra-vermelho

Para a avaliação da temperatura foliar através de termometria de infra-vermelho (Tfi) foi utilizado um termômetro de radiação marca BARNES modelo 14-300.

a. Experimento em casa de vegetação

Neste experimento, os folíolos utilizados para estimativa da temperatura foliar através da porometria também foram utilizados para a avaliação da temperatura foliar através da termometria de infra-vermelho.

b. Experimento a nível de campo

No experimento de campo, a temperatura do dossel, medida

com o termômetro de radiação, foi observada de forma que se obtivessem quatro leituras, correspondendo às direções norte, sul, leste e oeste.

2.2. Parâmetros microclimáticos

2.2.1. Radiação solar global instantânea

A densidade de fluxo de radiação solar global instantânea (St) no plano do folíolo foi medida através de um piranômetro à base de termo-pares, construído na UNICAMP, calibrado com um piranômetro-padrão Kipp & Zonen (Delft, Holanda), obtendo-se um coeficiente de correlação de 0,9953.

2.2.2. Radiação solar global diária

A densidade de fluxo da radiação solar global, acumulada durante o dia utilizado para a amostragem e no dia anterior no experimento de campo, foi calculada segundo OMETTO (1981), através da expressão:

$$Q_1 = Q_0 (0,26 + 0,51 \frac{n}{N}) ; \text{ onde:}$$

$$Q_1 = \text{Radiação solar global diária (cal.cm}^{-2}\text{.dia}^{-1}\text{);}$$

$$Q_0 = \text{Radiação solar global diária recebida na ausência de atmosfera (cal.cm}^{-2}\text{.dia}^{-1}\text{);}$$

$$n = \text{Insolação observada diária (h.dia}^{-1}\text{);}$$

$$N = \text{Insolação máxima diária (h.dia}^{-1}\text{).}$$

Os valores de N e Q_0 foram obtidos por interpolação nas tabelas do SMITHSONIAN METEOROLOGICAL TABLES (1951). Os dados de " n " foram obtidos no posto meteorológico do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), distante cerca de 300 metros da área do experimento.

2.2.3. Temperatura e umidade relativa do ar

A temperatura e a umidade relativa do ar foram medidas através de psicrometria convencional, utilizando-se termômetros meteorológicos R. Fuess, colocados na altura das plantas e próximos às mesmas.

2.2.4. Conteúdo de água no solo

O conteúdo de água do solo, definido pela relação: $\text{massa de água} \div \text{massa da amostra de solo}$, após secagem à 105°C^{-1} , foi estimado através do método gravimétrico, de acordo com a recomendação técnica de KRAMER (1969).

a. Experimento em casa de vegetação

No experimento em casa de vegetação, amostras de solo dos vasos das plantas utilizadas para a avaliação da atividade de NR e CRA foram utilizadas para determinação do conteúdo de água do solo.

b. Experimento a nível de campo

Nesse experimento, uma amostra de solo obtida no centro da área onde foram avaliados os parâmetros fisiológicos e microclimáticos, no momento da avaliação, foi utilizada para determinação do conteúdo de água do solo.

2.2.5. Precipitação pluviométrica e temperatura mínima, média e máxima locais

Dados de precipitação pluviométrica e temperaturas mínima, média e máxima diárias verificadas no local e na época do experimento de campo foram obtidos no posto meteorológico do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), distante cerca de 300 metros da área do experimento.

2.2.6. Análise de fertilidade e conteúdo de água do solo próximo da capacidade de campo.

Uma amostra composta de solo, obtida na área do experimento de campo, foi utilizada para a análise da fertilidade e do conteúdo de água próximo da capacidade de campo (c.c.).

O conteúdo de água próximo da c.c. foi determinado em 10 sub-amostras da amostra composta, através do método gravimétrico, em função da massa de água contida em uma massa seca de solo, como descrito no item 2.2.4.

3. ANATOMIA FOLIAR

Com o objetivo de fornecer um suporte adicional aos parâmetros avaliados nos experimentos de campo e de casa de vegetação, realizou-se o estudo de aspectos de anatomia foliar associados ao estresse de água e de temperatura.

3.1. Estrutura da lâmina foliar

Para o estudo da estrutura da lâmina foliar foram montadas lâminas permanentes com cortes transversais dos folíolos de acordo com as técnicas usuais de fixação, inclusão e coloração e lâminas com cortes frescos, coradas com azul toluidina.

As lâminas foram em seguida observadas e fotomicrografadas em microscópio Carl Zeiss-2 (West Germany).

3.2. Frequência de estômatos

Epidermes abaxial e adaxial dos folíolos foram retiradas mecanicamente, mergulhadas em etanol 50% (v/v) por 10 minutos e em seguida em solução comercial de hipoclorito de sódio 1% (v/v) de cloro ativo.

Após lavagem em água destilada, as epidermes foram coradas com azul de toluidina e levadas para a contagem do número de estômatos por unidade de área em microscópio Olympus (Olympus optical Co., Japan).

3.3. Frequência e comprimento de tricomas

Lâminas foliares foram mantidas sob pressão entre duas lâminas de vidro através de uma pinça de Mohr e observadas em lupa Wild Heerbrugg M3, dotada de ocular com escala micrométrica, para a contagem do número de tricomas por unidade de área e medida do comprimento dos mesmos nas superfícies abaxial e adaxial.

3.4. Espessura da cutícula

Cortes transversais frescos de tecido foram mergulhados em e tanol e solução comercial de hipoclorito de sódio e lavados com água destilada como no item 3.2.. Em seguida, os cortes foram corados com SUDAN IV e levados para a medida da espessura da cutícula das epidermes abaxial e adaxial em microscópio Leitz (D.F. Vasconcelos, Brasil) dotado de ocular com escala micrométrica.

4. AMOSTRAGEM

4.1. Horário de amostragem

Tanto para o experimento realizado em casa de vegetação como para o realizado no campo, iniciou-se a avaliação dos parâmetros estudados às 13:00h, horário solar, sem correção, baseados em resultados de experimentos preliminares.

4.2. Discriminação da folha utilizada com relação ao parâmetro avaliado

a. Experimento em casa de vegetação

Para a medição da resistência foliar à difusão de vapor de água, temperatura foliar, radiação solar incidente em plano periclinal com relação à superfície do folíolo, atividade da redutase de nitrato e estudos de anatomia foliar, foi utilizada a 3ª folha no sentido ápice-base da planta.

Para estimativa do conteúdo relativo de água foi utilizada a 4ª folha no sentido acima referido.

b. Experimento a nível de campo

Neste experimento, foi utilizada a 3ª folha no sentido ápice-base da planta para a estimativa de todos os parâmetros estudados.

4.3. Número de plantas amostradas por parâmetro avaliado

A tabela 2. mostra o número de plantas utilizadas na amostragem dos parâmetros utilizados neste estudo para os experimentos de casa de vegetação e de campo.

4.4. Amostragem utilizada para caracterização da anatomia foliar

O número de plantas utilizadas, por espécie, assim como o número de campos observados ao microscópio e à lupa nos estudos de anatomia foliar estão apresentados na tabela 3.

Para a medida do comprimento dos tricomas foram selecionados, ao acaso, 3 tricomas por campo.

TABELA 2 - Número de plantas amostradas para cada parâmetro fisiológico avaliado nos experimentos em casa de vegetação e no campo.

Parâmetro	Casa de vegetação		Campo
	Irrigado	Sem irrigação	
Resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar.	8	8	6
Temperatura foliar medida com o porômetro.	8	8	6
Radiação solar global instantânea no plano da folha.	8	8	6
Atividade de NR.	3	3	5
Conteúdo relativo de água da folha.	3	3	5

TABELA 3 - Número de plantas, por espécie, e campos observados ao microscópio e à lupa nos estudos de anatomia foliar.

	Número de plantas	Número de campos
Estrutura da lâmina foliar.	5	-
Frequência de <u>estôma</u> tos.	10	150
Frequência e compri <u>mento</u> de tricomas.	6	30
Espessura de cutícu <u>la</u> .	6	30

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. PADRONIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ENSAIO DA REDUTASE DE NITRATO "IN VIVO"

1.1. Absorbância em função do tempo de reação do ensaio

A figura 1. apresenta a relação observada entre a absorbância a 540 nm e o tempo de reação do ensaio.

Após 30 minutos, o aumento no tempo de reação foi acompanhado por um aumento linear na absorbância, demonstrando a estabilização da reação.

Baseado neste teste, estabeleceu-se o intervalo de tempo compreendido entre 30 e 60 minutos de reação para a retirada das alíquotas para o ensaio in vivo da atividade da redutase de nitrato nos testes posteriores.

1.2. Atividade da redutase de nitrato em função do pH do meio de reação

A figura 2. mostra a relação entre a atividade da redutase de nitrato e o pH do meio de reação.

Verificou-se um valor máximo de atividade da enzima em torno do pH 6,5 à semelhança do que ocorre com soja (CAMPBELL, 1976 & JOLLY et al., 1976). Queda acentuada na atividade da enzima ocorreu quando o pH atingiu valores inferiores a 6,5. Este comportamento pode estar associado à desestabilização estrutural da enzima (SHERRARD e DALLING, 1979) ou à diminuição na velocidade de translocação de íons nitrato através da membrana celular. PRAKASH e NAIK (1982) mostraram, em trigo, que ocorre diminuição no fluxo de nitrito do tecido para o

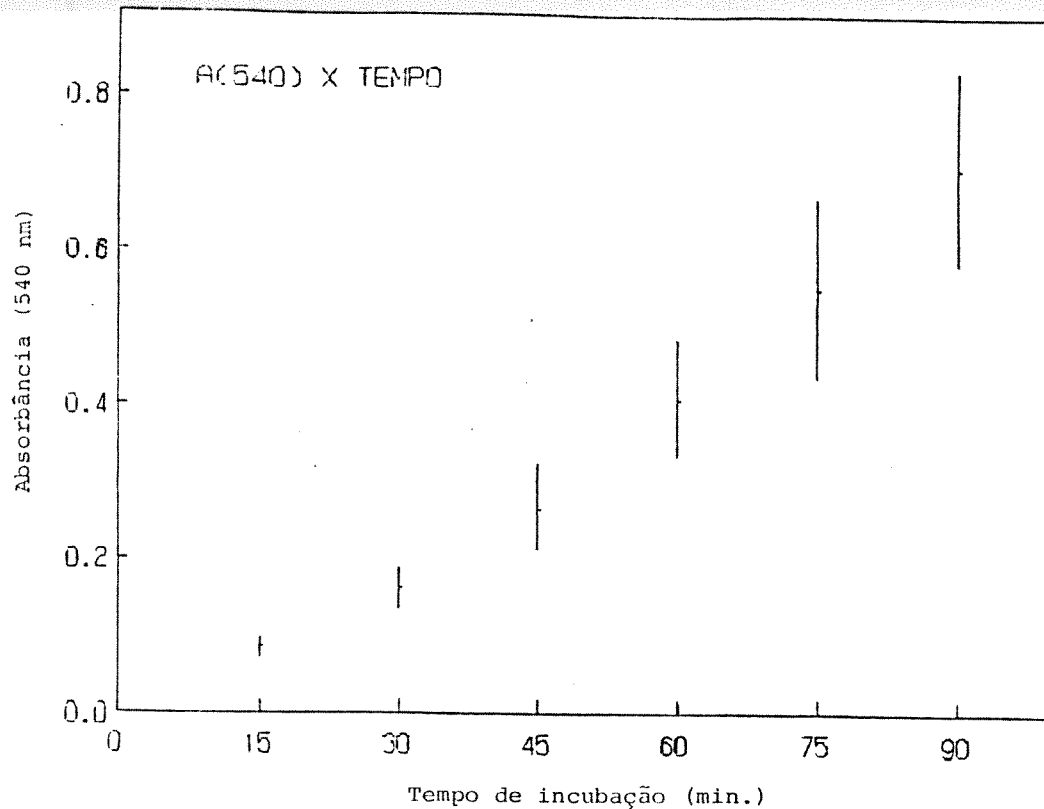


Figura 1 - Efeito do tempo de reação do ensaio sobre a absorbância. Os dados representam um experimento repetido por três vezes. As barras verticais indicam o desvio padrão.

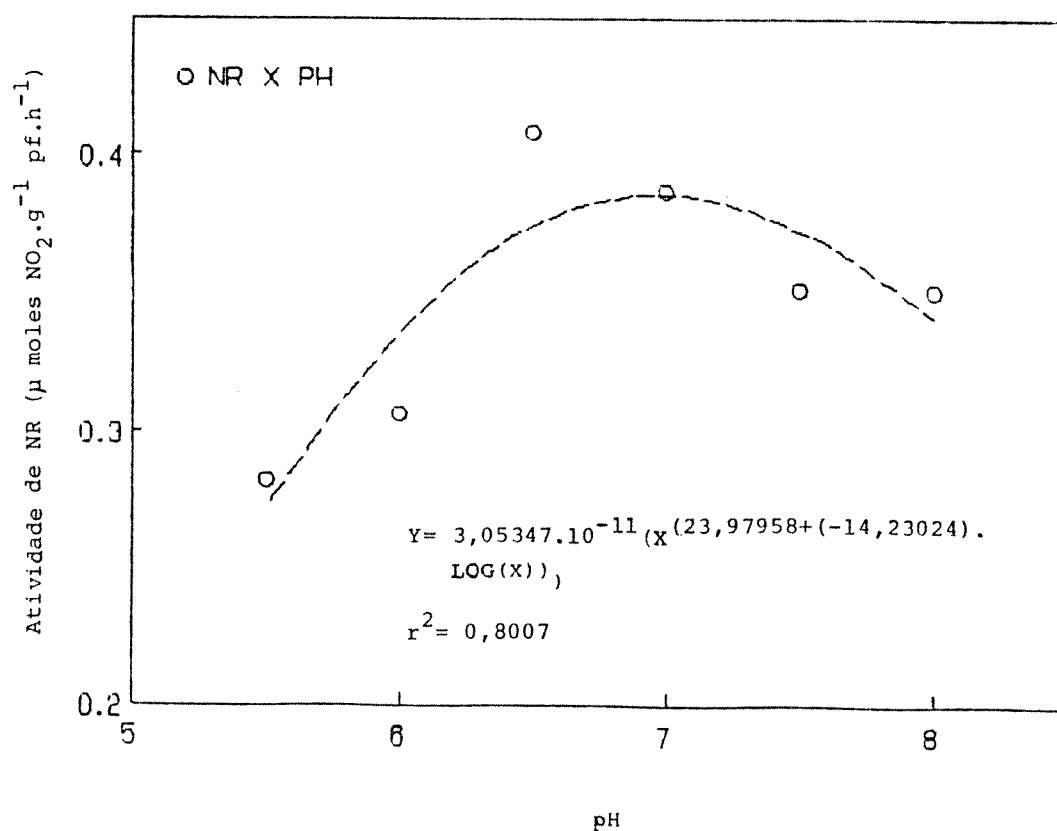


Figura 2 - Efeito do pH do meio de reação sobre a atividade da reductase de nitrato. Os dados representam a média de três repetições.

meio de reação em pH ácido, o que poderia provocar a inibição da enzima pelo aumento na concentração de nitrito do tecido.

1.3. Atividade da redutase de nitrato em função da concentração do nitrato no meio de reação

A figura 3. mostra a relação entre a atividade da redutase de nitrato e a concentração de nitrato no meio de reação.

A partir de 0 mM, observou-se aumento na atividade da redutase de nitrato, atingindo o valor máximo em torno de 25 mM, demonstrando a indutibilidade da enzima pelo substrato (KANNANGARA e WOOLHOUSE, 1967; BEEVERS e HAGEMAN, 1969; HARPER e HAGEMAN, 1972; HEWITT, 1975; MOHANTY e FLETCHER, 1976; HALLMARK e HUFFAKER, 1978; BEEVERS e HAGEMAN, 1980 & OAKS e HIREL, 1985).

O aumento na atividade de NR em resposta ao aumento na disponibilidade de substrato tem sido associado à síntese "de novo" da proteína bem como à sua ativação (WALLACE e PATE, 1965 & SOUALMI-BOUJEMAA et al., 1985).

Concentrações de nitrato acima de 25 mM provocaram queda na atividade da enzima, devido, possivelmente, a efeitos osmóticos inibitórios e a alterações no equilíbrio das cargas iônicas criadas pela alta concentração de íons.

Curvas similares de atividade de NR em função da concentração de nitrato no meio de reação têm sido encontradas para Amaranthus hybridus e milho (KLEPPER et al., 1971), soja (NICHOLAS et al., 1976 a.) e cana-de-açúcar (OLIVEIRA, 1986) com atividade máxima da enzima encontrada em 50, 200, 25 e 25 mM, respectivamente.

1.4. Atividade da redutase de nitrato em função da temperatura de incubação do ensaio

Pela figura 4. observa-se a máxima atividade da redutase de nitrato entre as temperaturas de incubação de 32 e 37°C. A queda na atividade da enzima em temperaturas acima de 37°C pode estar associada à termo-desnaturação ou eventual alteração conformacional da enzima e a alterações na permeabilidade das membranas celulares (MORENO et al., 1972; MAGALHÃES et al., 1976 & MAGALHÃES e HAGEMAN, 1978).

HALLMARK e HUFFAKER (1978), trabalhando com sorgo e MEGURO e MAGALHÃES (1982), trabalhando com café, obtiveram curvas-resposta semelhantes à encontrada neste teste, com a atividade máxima da enzima em torno de 40 e 33°C, respectivamente.

1.5. Atividade da redutase de nitrato em função do estágio ontogenético da folha

Através da figura 5., pode-se observar que houve decréscimo na atividade da redutase de nitrato no sentido ápice-base. Assim, folhas mais jovens, localizadas nas proximidades do ápice, apresentaram maior atividade da enzima. Alterações na atividade de NR em função do estágio ontogenético da folha semelhantes às observadas neste teste foram verificadas em cevada (WALLACE e PATE, 1965), em soja (HARPER e HAGEMAN, 1972) e em trigo (AGGARWAL e SINHA, 1984).

Possível efeito direto de níveis mais elevados de radiação luminosa sobre a enzima, maior concentração de nitrato e de foto-assimilados (KIRKBY e KNIGHT, 1977 & MUCHOW et al., 1986), maior capacidade de síntese de proteínas por folhas mais jovens (KANNANGARA e WOOLHOUSE, 1967) e aumento na concentração de possíveis enzimas inativando a NR nas folhas maduras (WALLACE, 1975) poderiam explicar este comportamento.

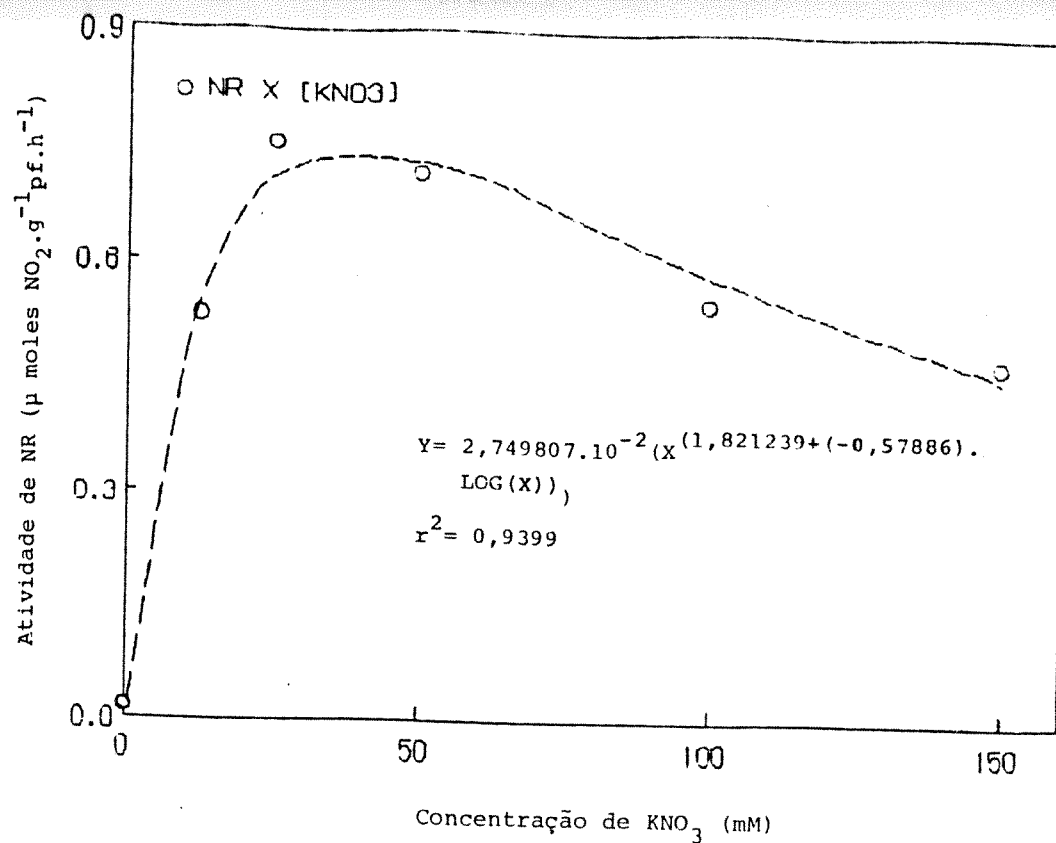


Figura 3 - Efeito da concentração de nitrato no meio de reação sobre a atividade da redutase de nitrato. Os dados representam a média de três repetições.

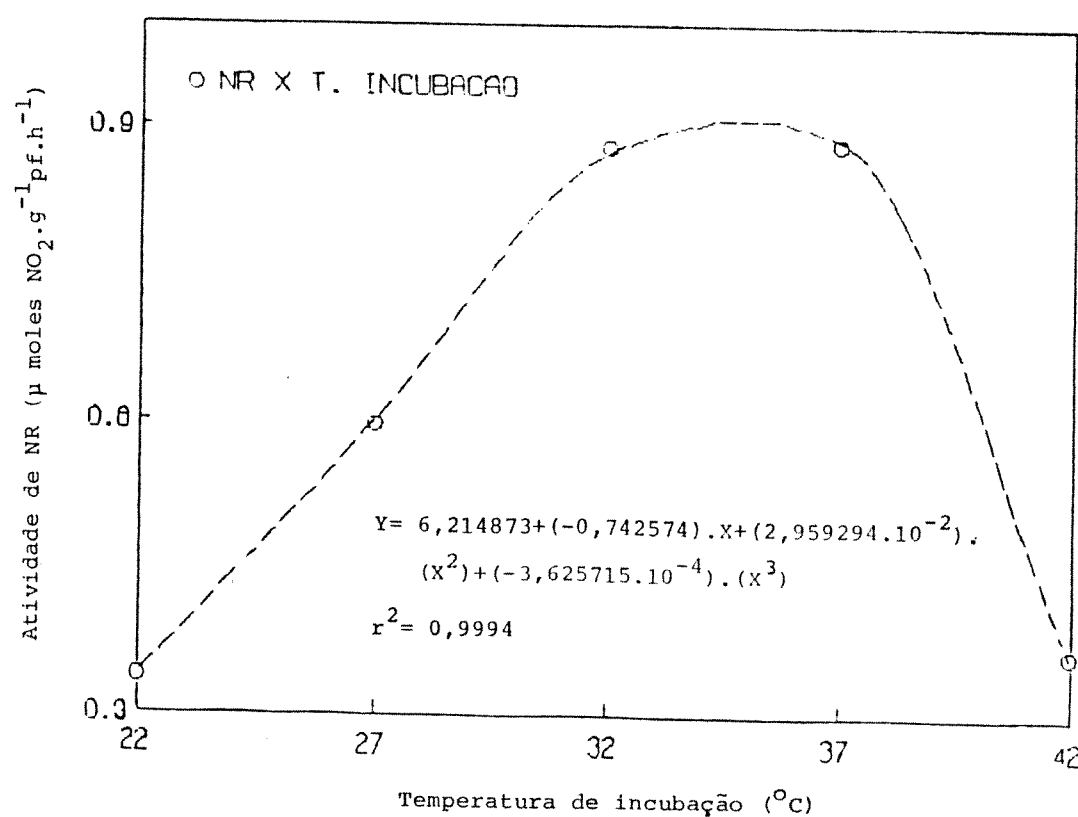


Figura 4 - Efeito da temperatura de incubação do ensaio sobre a atividade da redutase de nitrato. Os dados representam a média de três repetições.

Testes para verificar a relação entre absorvância a 540 nm e quantidade de tecido utilizada no ensaio, 50 a 350 mg, e a curva de calibração do espectrofotômetro para o nitrito, apresentaram coeficientes de correlação linear de 0,9965 e 0,9985, respectivamente.

2. ASPECTOS FISIO-ECOLÓGICOS AVALIADOS NO EXPERIMENTO A NÍVEL DE CAMPO

2.1. Aspectos microclimáticos

2.1.1. Temperaturas máximas e mínimas absolutas do ar verificadas à época do experimento

Pela figura 6., observa-se que nos dias 18 e 25 de setembro, 10 e 19 de outubro e 6, 10 e 27 de novembro, ocorreram consideráveis oscilações nos valores absolutos de temperaturas máximas e mínimas do ar, especialmente nos valores máximos, associados à penetração de sistemas frontais de massas de ar frio, frentes frias, sobre a região, possibilitando o estudo do efeito de reduções acentuadas na temperatura do ar sobre o comportamento das plantas.

Desconsiderando-se as ocasionais penetrações de frentes frias na região, percebe-se a tendência geral de elevação das temperaturas consideradas, especialmente das temperaturas mínimas absolutas, ao longo do período de estudo.

As temperaturas máximas e mínimas absolutas verificadas no período de três meses nos quais conduziu-se os experimentos de campo foram 34,6 e 11,0°C, respectivamente, determinando portanto, amplitude térmica igual a 23,6°C.

A média mensal das temperaturas máximas e mínimas observadas à época do experimento se encontram próximas das médias destas tempe

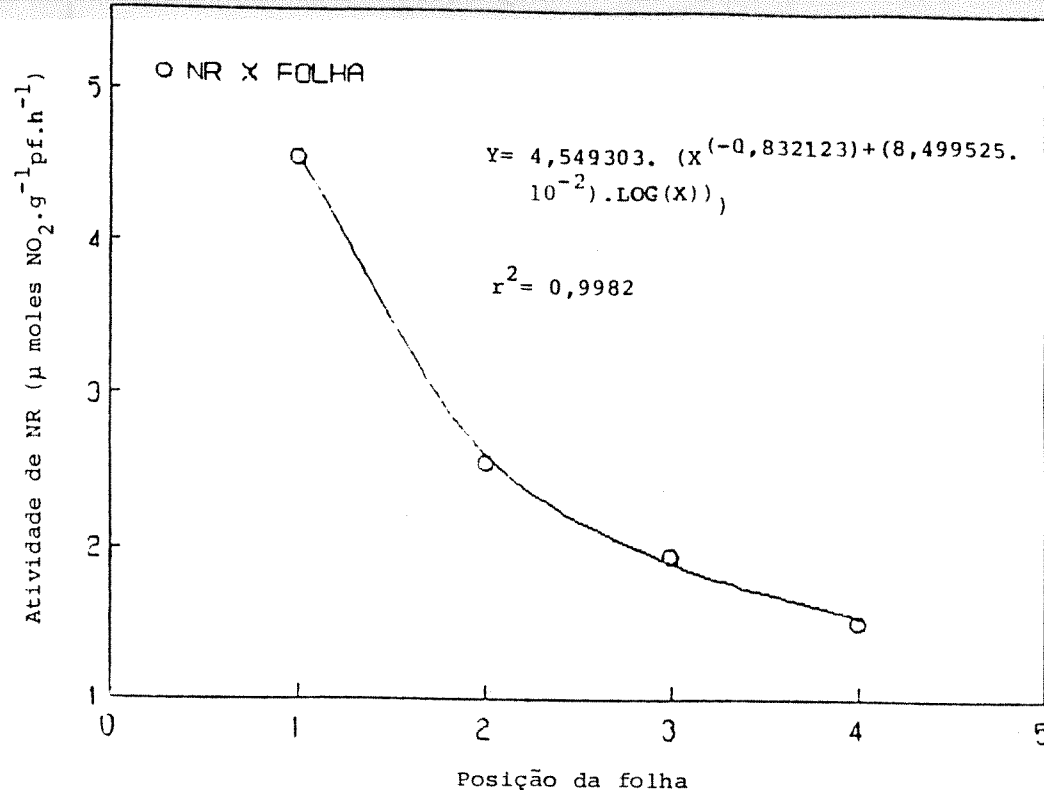


Figura 5 - Efeito do estágio ontogenético da folha sobre a atividade da redutase de nitrato. Os dados representam a média de três repetições.

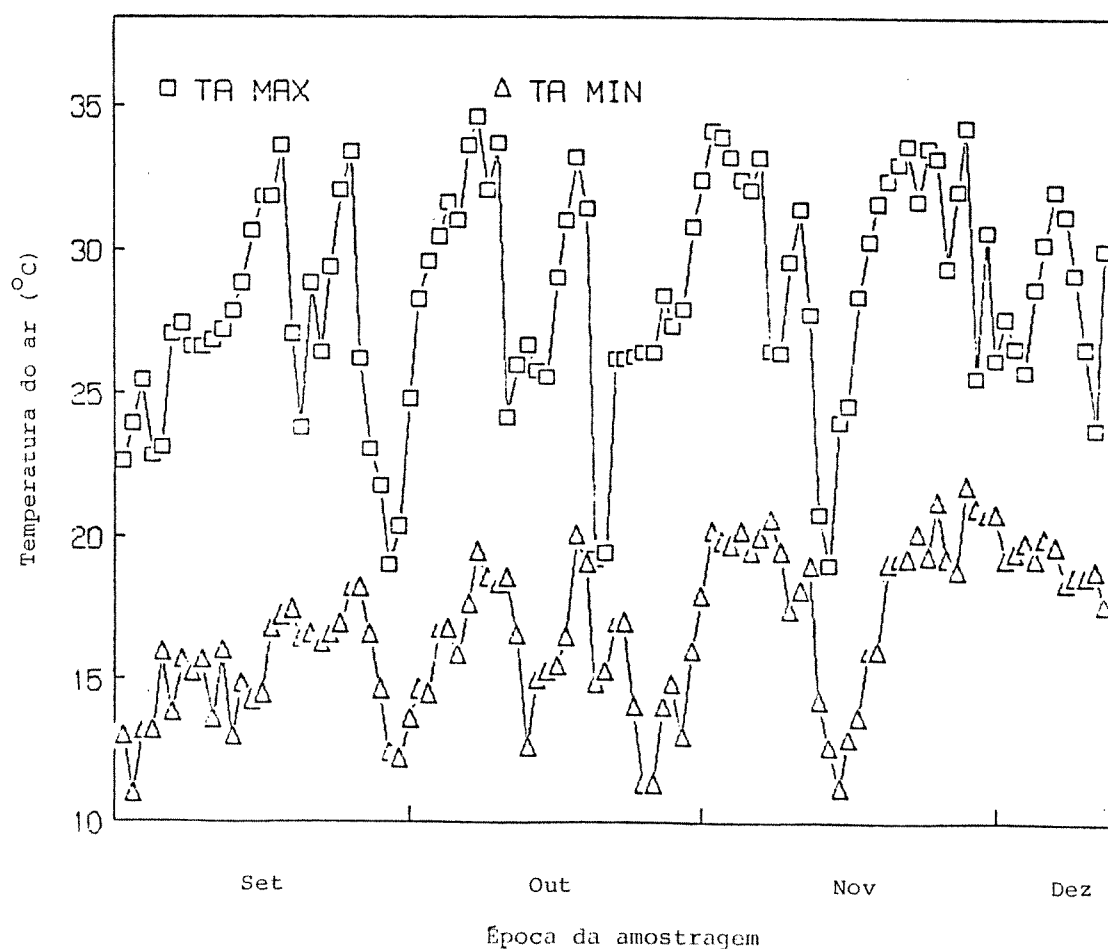


Figura 6 - Temperaturas máximas e mínimas absolutas do ar verificadas à época do experimento (Seção de Climatologia Agrícola - IAC).

raturas verificadas nos últimos 27 anos (Seção de Climatologia Agrícola do IAC), sendo que as maiores diferenças observadas entre estas médias ocorreram nas temperaturas máximas no mês de setembro e nas mínimas no mês de novembro, ambas com valor absoluto de $1,3^{\circ}\text{C}$.

2.1.2. Temperaturas médias do ar verificadas à época do experimento

A figura 7. apresenta os valores médios da temperatura do ar entre os meses de setembro e novembro de 1986.

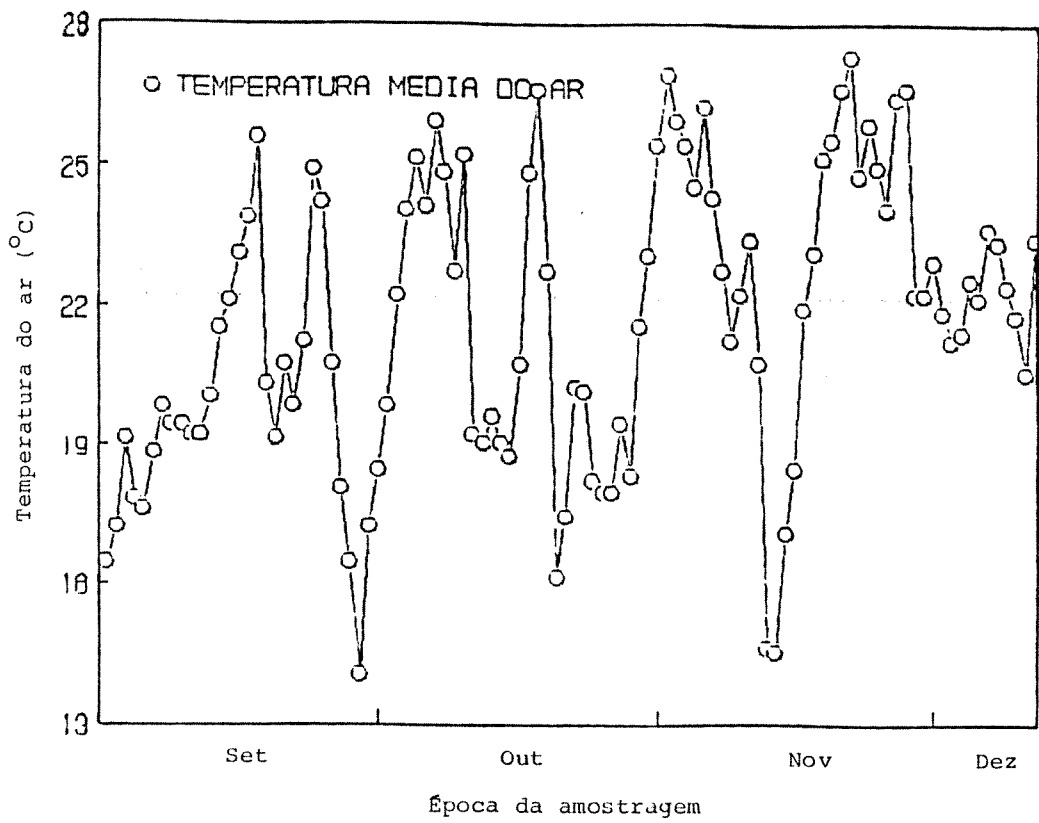
As bruscas oscilações da temperatura referidas no item 2.1.1. são aqui também facilmente observadas, tornando-se mais fácil, contudo, verificar-se a tendência geral de elevação da temperatura do ar.

Os valores máximos e mínimos da temperatura média do ar, observadas nos dias 20 de novembro e 28 de setembro, foram $27,4$ e $14,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

2.1.3. Radiação solar global diária e instantânea

A radiação solar global diária nos dias onde realizou-se as amostragens no experimento de campo, oscilou entre 310 e $710 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, como pode-se observar pela figura 8. Excluindo-se os dias 5 e 24 de novembro, onde o número de horas de insolação foi muito reduzido, a média da radiação solar global diária foi de $605 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$.

Ainda na figura 8. pode-se verificar que no momento das amostragens, a radiação solar global instantânea variou entre 250 e 910 W.m^{-2} , apresentando valor médio de 700 W.m^{-2} . A curva de radiação solar global instantânea apresentou o mesmo aspecto da curva de radiação solar global diária, à exceção dos dias 14 de outubro e 5 de novembro nos quais a presença de nuvens esparsas provocou grandes diferenças entre os valores de radiação solar global medidos no momento das amostragens e medidos durante todo o dia.



2.1.4. Umidade relativa do ar: Média diária e valor absoluto no momento das amostragens

A média diária da umidade relativa do ar nos dias utilizados para amostragem oscilou entre 50,6 e 72,8%, enquanto que a umidade relativa do ar no momento das amostragens oscilou entre 27 e 55%. A diferença média entre as duas determinações da umidade relativa do ar foi de 23%.

A média da umidade relativa média diária do ar dos dias de amostragem permaneceu abaixo dos valores de média mensal da umidade relativa média diária do ar observada nos últimos 27 anos para os meses de setembro a novembro (Seção de Climatologia Agrícola do IAC).

A figura 9. apresenta os dados de umidade relativa do ar.

2.1.5. Precipitação pluviométrica verificada à época do experimento

Entre os meses de agosto e novembro de 1986, observou-se uma precipitação pluviométrica equivalente a 395,5 mm. Ao comparar-se essa precipitação com a média da precipitação verificada em 27 anos para esta mesma época, 378,5 mm (Seção de Climatologia Agrícola do IAC), observa-se que a precipitação verificada no período deste estudo foi ligeiramente superior à referida média. Excluindo-se a precipitação pluviométrica verificada no mês de agosto de 1986, observa-se que a precipitação pluviométrica acumulada cai para 239,6 mm, sendo este valor aproximadamente 30% inferior à média verificada em 27 anos para o mesmo período.

Desconsiderando-se a precipitação acima da média verificada no mês de agosto e a precipitação verificada no mês de novembro, igual à média, pode-se considerar que o período de estudo, especialmente os meses de setembro e outubro, se caracterizaram como meses de pequena precipitação pluviométrica, permanecendo portanto, den-

tro dos padrões da região, onde se verifica verão chuvoso e inverno seco (Seção de Climatologia Agrícola do IAC). A precipitação pluviométrica média nos meses de setembro e outubro é de 62,2 e 140,7 mm, respectivamente, o que representa quase o dobro da precipitação observada durante o período deste estudo.

A figura 10. apresenta os dados de precipitação pluviométrica.

2.1.6. Temperatura do ar no momento das amostragens

A temperatura do ar medida no momento das amostragens se manteve entre 21 e 36°C, como pode-se verificar na figura 11., apresentando valor médio de 27,8°C, perfazendo amplitude térmica igual a 15°C.

2.2. Aspectos edáficos

2.2.1. Fertilidade do solo

A tabela 4. apresenta o resultado da análise de fertilidade do solo realizada em amostra de solo composta obtida na área do experimento de campo.

Os teores de fósforo e potássio verificados foram classificados como "médios" para o Estado de São Paulo, enquanto que os teores de matéria orgânica, cálcio, magnésio, saturação de bases e pH foram classificados como altos de acordo com os critérios de MALAVOLTA (1981) e VAN RAIJ (1985).

Pelo resultado e interpretação da análise do solo e observação do crescimento e desenvolvimento da cultura, pode-se concluir que o solo no qual cresciam as plantas no experimento de campo, apresenta fertilidade entre alta e mediana e portanto, estas plantas não devem ter sofrido deficiência nutricional durante o período de estudo.

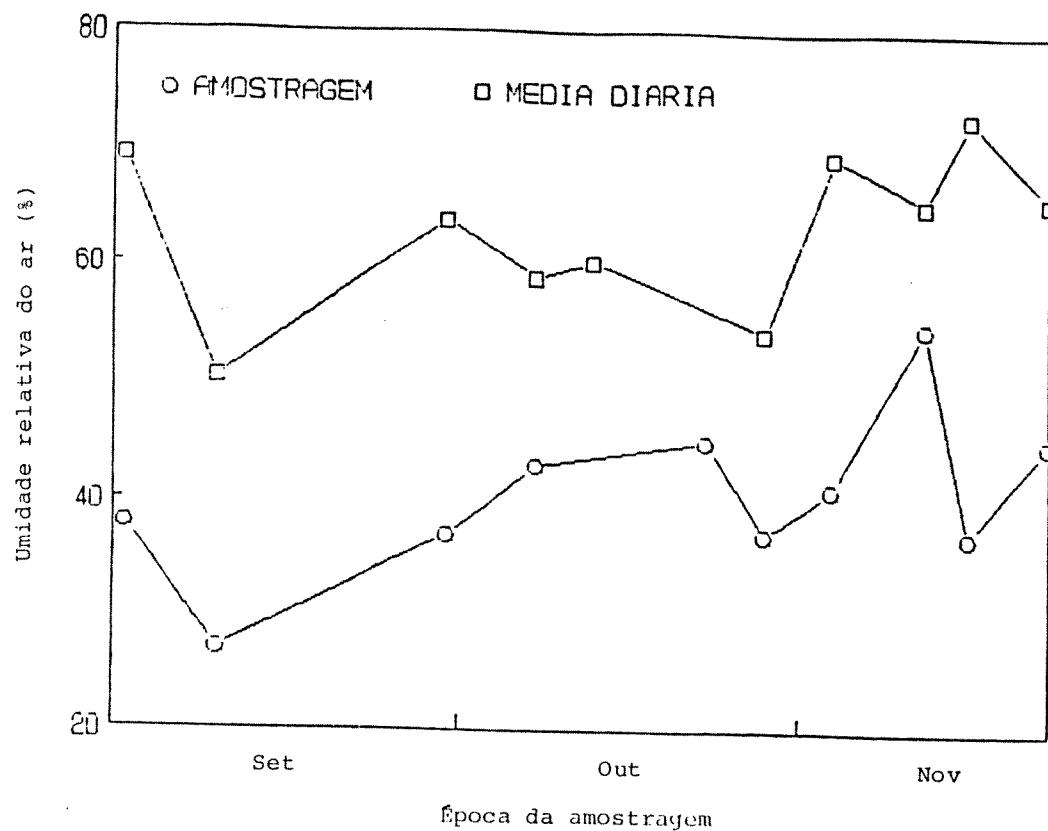


Figura 9 - Umidade relativa do ar: Média diária (Seção de Climatologia Agrícola - IAC) e valor absoluto medido no momento e local das amostragens.

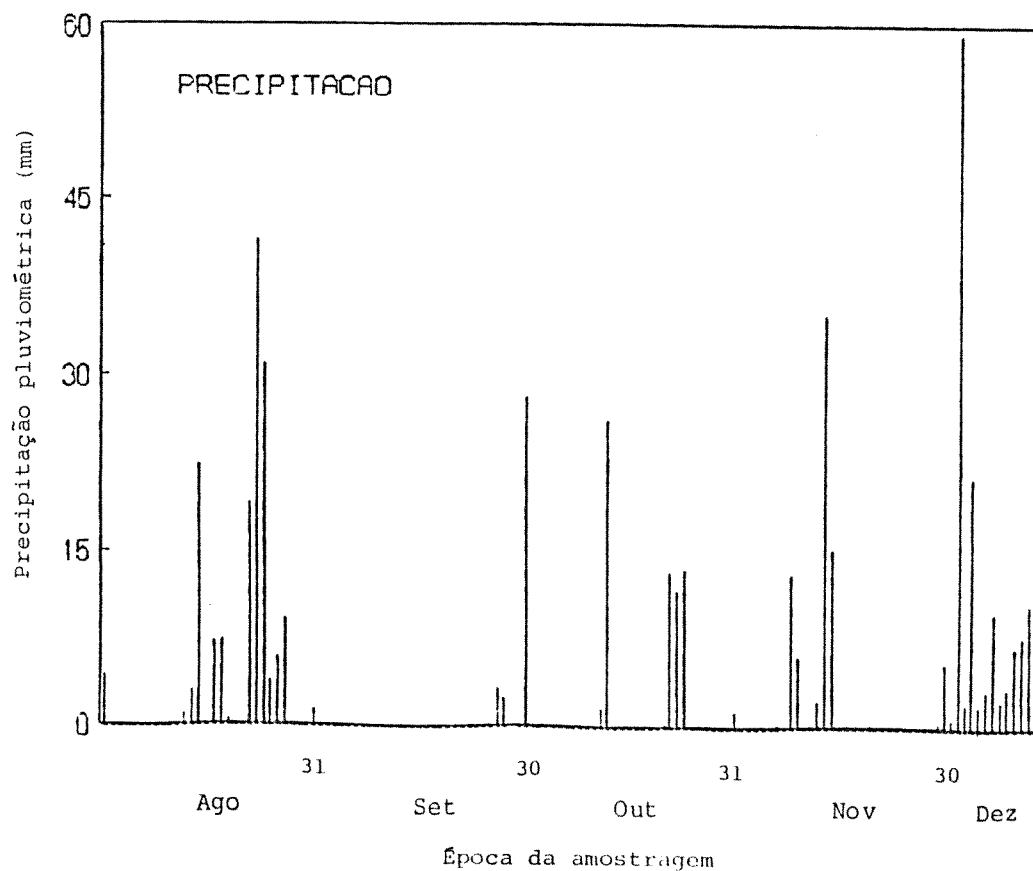


Figura 10 - Precipitação pluviométrica diária verificada à época do experimento (Seção de Climatologia Agrícola - IAC).

TABELA 4 - Resultados e interpretação da análise de fertilidade do solo de acordo com a classificação por teores para o Estado de São Paulo.

Resultado da análise		Classificação
Fósforo (ppm)	- 10,0	Médio
Matéria orgânica (%)	- 4,2	Alta
pH - CaCl_2	- 5,6	Baixo
Potássio ($\mu\text{g}.\text{ml}^{-1}$)	- 72,0	Médio
Cálcio ($\text{e}.\text{mg}.\text{100 cm}^{-3}$)	- 6,5	Alto
Magnésio ($\text{e}.\text{mg}.\text{100 cm}^{-3}$)	- 1,1	Alto
Saturação em bases (%)	- 77,0	Alto

2.2.2. Conteúdo de água do solo próximo da capacidade de campo

O conteúdo de água do solo próximo da capacidade de campo, estimado como a média aritmética do conteúdo de água do solo de 10 sub-amostras, equivaleu a $0,357 \text{ gH}_2\text{O.gsolo}^{-1}$, com desvio padrão de $0,011 \text{ gH}_2\text{O.gsolo}^{-1}$.

2.2.3. Conteúdo de água do solo no momento das amostragens

O conteúdo de água do solo (C.A.S.) no momento das amostragens variou entre 50 e 71% do C.A.S. próximo da capacidade de campo, equivalendo a $0,180$ e $0,255 \text{ gH}_2\text{O.gsolo}^{-1}$, respectivamente. O C.A.S. médio no momento das amostragens foi igual a $0,213 \text{ gH}_2\text{O.gsolo}^{-1}$.

152 mm de precipitação pluviométrica verificados entre os dias 12 e 26 de agosto permitiram que o solo armazenasse grande volume de água, demonstrado no C.A.S. verificado no dia 02 de setembro. Da mesma forma, precipitações da ordem de 67 mm, verificadas entre os dias 10 e 22 de outubro permitiram a recuperação do C.A.S. de 52 para 71% do conteúdo de água próximo da capacidade de campo.

A figura 12. mostra a variação no C.A.S. observado no momento das amostragens.

2.3. Aspectos interativos

2.3.1. Atividade da redutase de nitrato em função da temperatura do ar

Pela figura 13., observa-se a máxima atividade da redutase de nitrato (NR) entre as temperaturas de 28 e 29°C . Temperaturas do

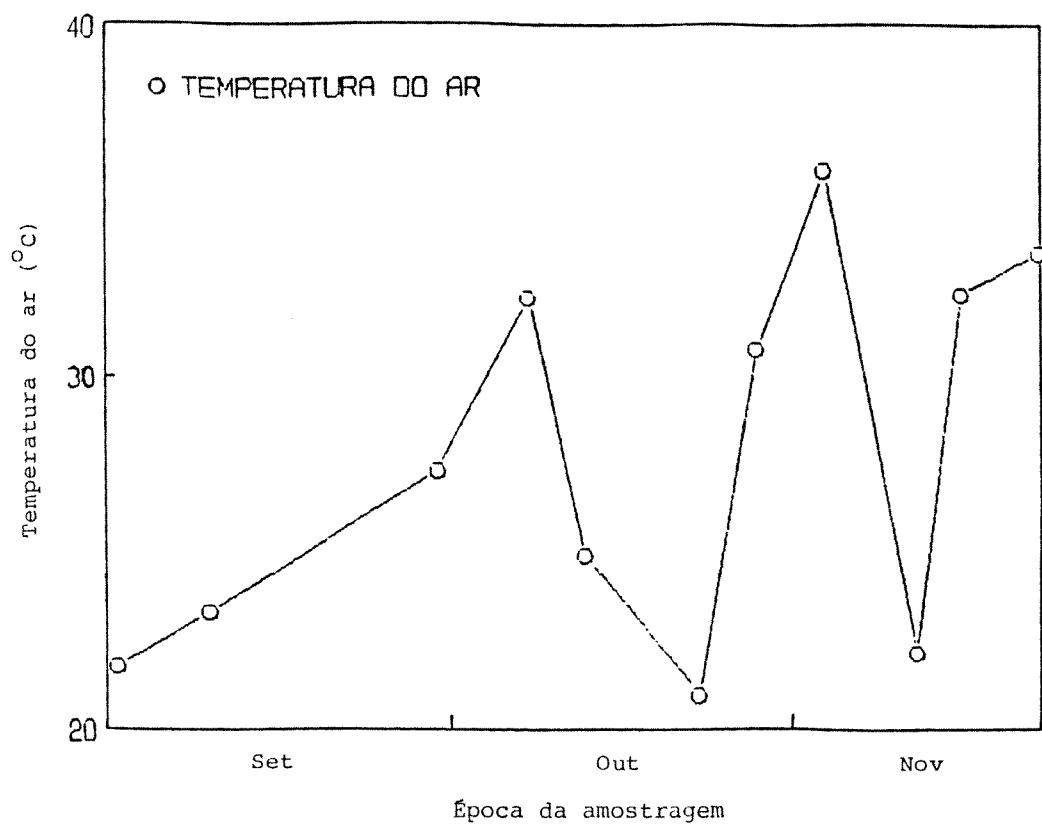


Figura 11 - Temperatura do ar medida no momento e local de amostragem.

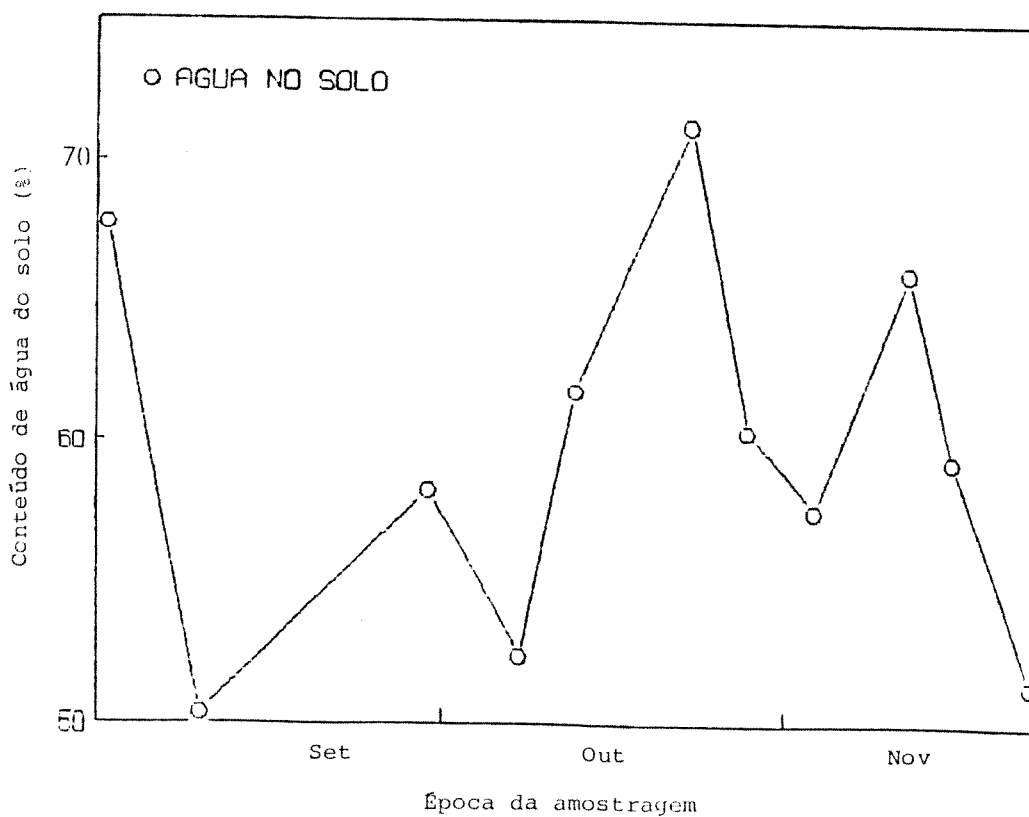


Figura 12 - Conteúdo de água do solo (0-20cm), determinado em amostra coletada no local e momento das amostragens, expresso como percentual do conteúdo de água do solo próximo da capacidade de campo.

ar, medidas no momento das amostragens, acima de 33 e abaixo de 23°C provocaram queda na atividade de NR. MAGALHÃES et al. (1976) encontraram maior atividade de NR em plantas de soja crescendo à 32,5°C quando comparadas a plantas crescendo a 25 ou 40°C.

Temperaturas acima de 33°C podem provocar termo-desnaturação ou alterações conformacionais da enzima e alterações na permeabilidade das membranas celulares (MORENO et al., 1972; MAGALHÃES e HAGEMAN, 1978), enquanto que temperaturas abaixo de 23°C podem provocar a limitação de poder redutor, dependente da fotossíntese e da respiração, diminuição da absorção e do afluxo de íons nitrato através das membranas celulares, bem como da energia cinética dos mesmos (BEEVERS e HAGEMAN, 1980) provocando a queda na atividade da enzima. Trabalhando com segmentos de tecido de cevada, BENZONI e HEIMER (1977) concluíram que o efeito de diferentes níveis de temperatura sobre a atividade de NR se dá através da alteração na relação entre as formas ativa e inativa da enzima. MAGALHÃES et al. (1976), trabalhando com homogenato cru de folha de soja, demonstrou a inativação irreversível da enzima por temperaturas da ordem de 36°C.

O alto coeficiente de correlação observado entre a atividade de NR e a temperatura do ar no momento da amostragem mostra a importância deste fator microclimático sobre a atividade da enzima, sendo o mesmo limitante quando atinge valores acima de 33 e abaixo de 23°C, nas condições deste experimento. De acordo com a equação de regressão ajustada aos dados, em temperaturas próximas de 14 e de 43°C, a enzima teria cessado sua atividade.

2.3.2. Atividade da redutase de nitrato em função da radiação solar global

A atividade de NR mostrou-se diretamente relacionada à radiação solar global instantânea e diária.

O efeito direto da radiação luminosa na síntese "de novo" e na

ativação da enzima (KANNANGARA e WOOLHOUSE, 1967; BEEVERS e HAGEMAN, 1969 & BEEVERS e HAGEMAN, 1980) e os efeitos indiretos através do aumento da permeabilidade das membranas para o nitrato (KANNANGARA e WOOLHOUSE, 1967) e do aumento do poder redutor celular gerado pelo acúmulo de foto-assimilados (WALLACE e PATE, 1965; KLEPPER et al., 1971; NICHOLAS et al., 1976b.; BEEVERS e HAGEMAN, 1980; OAKS e HIREL, 1985 & SMIRNOFF e STEWART, 1985), aumento na absorção de nitrato e efluxo de nitrato do "pool" de armazenagem (HALLMARK e HUFFAKER, 1978), contribuem para que a capacidade de redução de nitrato pelas folhas aumente com o aumento na radiação solar.

O alto coeficiente de correlação verificado para as equações de regressão ajustadas aos dados de atividade de NR X Radiação solar global instantânea e diária (figuras 14 e 15) indicam que desde que se verifique baixa nebulosidade atmosférica no dia utilizado para a amostragem, tanto medidas de radiação solar global instantânea como medidas de radiação diária mostraram-se adequadas para determinação do nível de atividade da enzima em função da radiação solar incidente sobre o dossel.

Aumento da atividade de NR em resposta ao aumento na radiação luminosa tem sido observado em sorgo (HALLMARK e HUFFAKER, 1978) e soja (NICHOLAS et al., 1976 a. e b.).

2.3.3. Temperatura foliar, medida com o porômetro e temperatura do ar

Como se vê pela figura 16., a temperatura foliar, medida com o porômetro (T_{fp}), mostrou-se linearmente relacionada à temperatura do ar, medida no momento da amostragem (T_a), quando esta variou entre 21 e 36°C. Trabalhando com 5 diferentes espécies, ANSARI e LOOMIS (1959) concluíram que a temperatura foliar (T_f) tende a oscilar em torno de T_a .

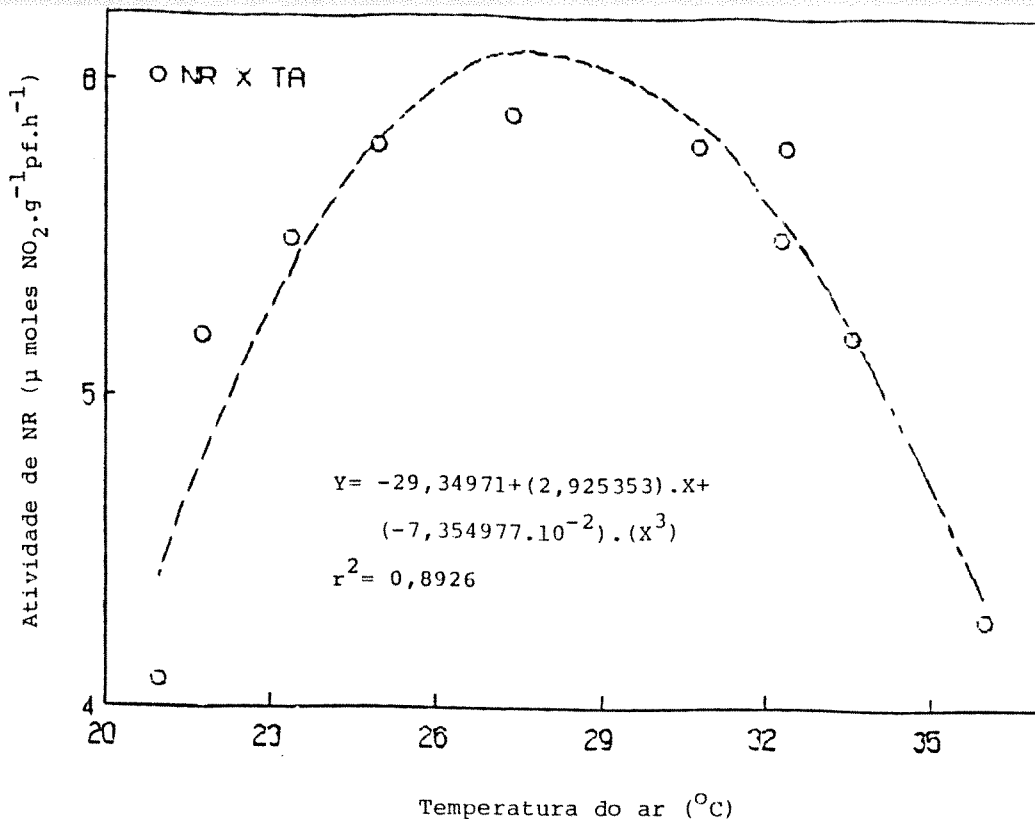


Figura 13 - Efeito da temperatura do ar sobre a atividade da redutase de nitrato, quando não se verificou diferença acentuada na radiação solar global entre o dia da amostragem e o dia anterior (Coeficiente de variação para $\text{NR} \leq 0,3860$).

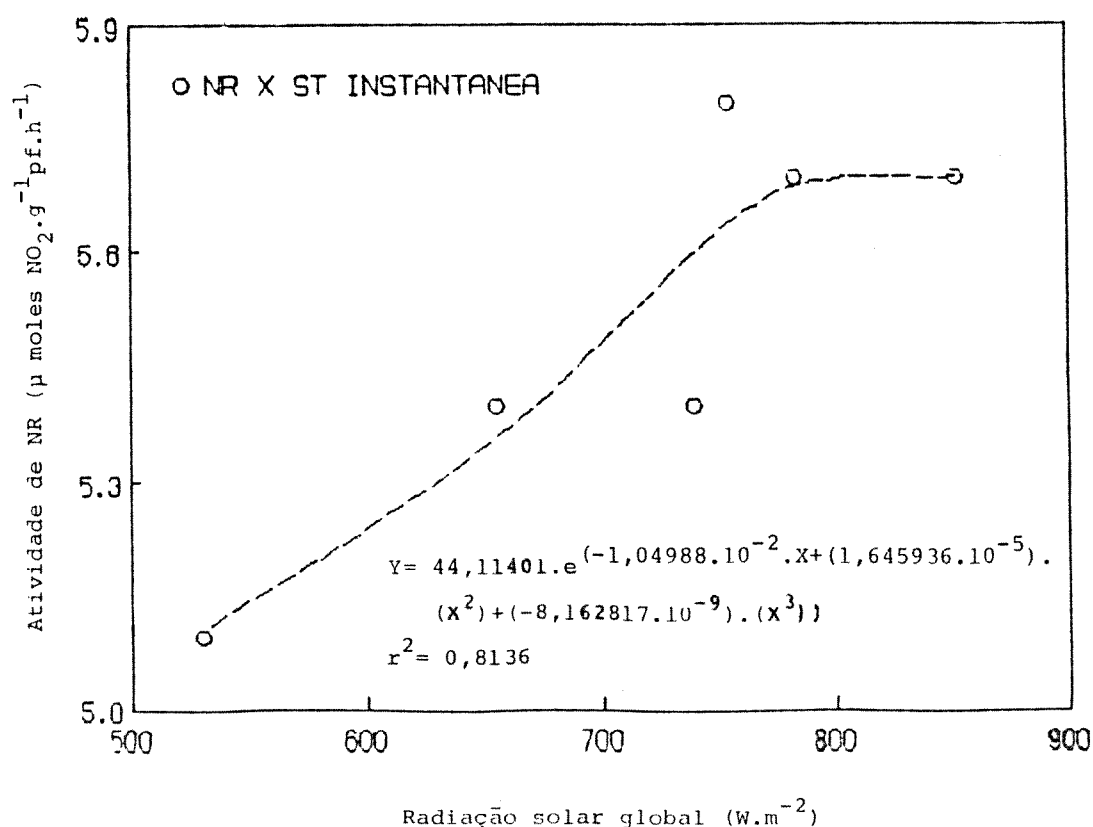


Figura 14 - Relação entre a atividade da redutase de nitrato e a radiação solar global instantânea, quando a temperatura do ar variou entre $23,4$ e $33,6^{\circ}\text{C}$. (Coeficiente de variação para $\text{NR} \leq 0,2593$).

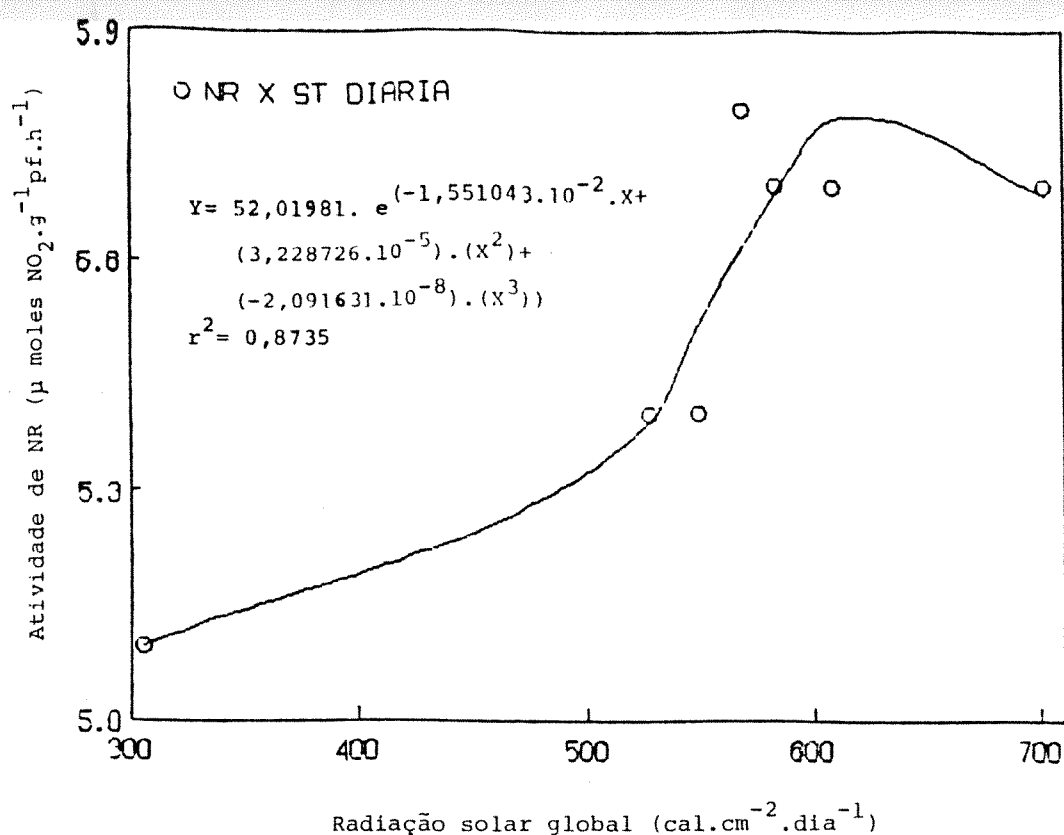


Figura 15 - Relação entre a atividade da redutase de nitrato e a radiação solar global diária, quando a temperatura do ar variou entre 23,4 e 33,6°C (Coeficiente de variação para NR $\leq 0,2593$).

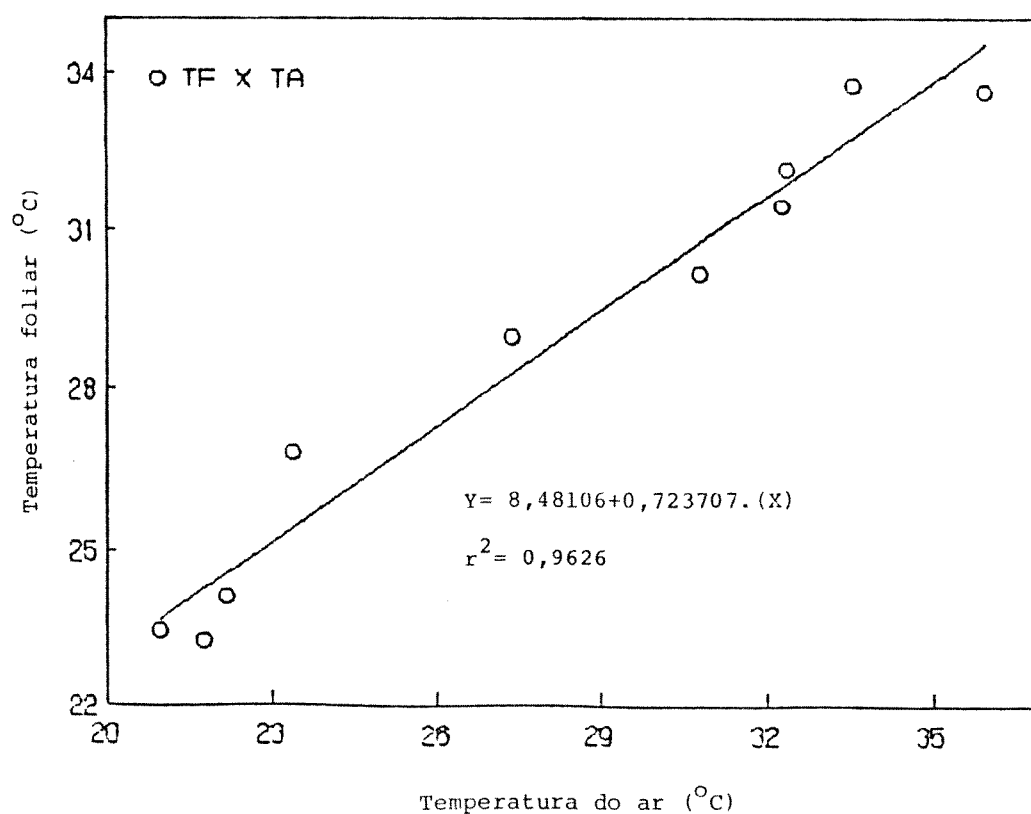


Figura 16 - Variação na temperatura foliar, medida através do porômetro, em função da variação na temperatura do ar, quando a radiação solar global instantânea foi maior ou igual a 530 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ (Coeficiente de variação para Tf $\leq 0,0498$).

T_{f_p} manteve-se acima de T_a quando T_a variou entre 21 e 30°C, aproximadamente. Quando T_a elevou-se acima de 30°C, T_{f_p} manteve-se sempre abaixo de T_a , indicando que nas condições consideradas, com o conteúdo de água do solo se situando entre 50 e 70% da capacidade de campo, a transpiração foliar e a perda de energia por radiação e convecção (COOK et al., 1964 & DRAKE et al., 1970) permitiram que os folíolos fossem eficientemente resfriados, impedindo a ocorrência de danos irreversíveis ao tecido (HENCKEL, 1964; & HENSON et al., 1982) e diminuição na taxa de fotossíntese líquida (DRAKE et al., 1970) provocada pela alta temperatura. RASCHKE (1975) observou que para diversas plantas, temperatura de folhas sob radiação luminosa direta tende a ser mais alta que T_a quando T_a se aproxima de 33°C e mais baixa quando T_a se encontra acima deste valor.

Plantas de algodão apresentaram T_f se mantendo 3,4°C acima de T_a (PALLAS et al., 1967) ou oscilando entre 6,0°C acima e 1,5°C abaixo de T_a (JORDAN e RITCHIE, 1971), quando crescendo à campo, sob déficit hídrico e radiação solar direta. LUDLOW e IBAKARI (1979) trabalhando com Macroptilium atropurpureum (leguminosae) crescendo à campo com suprimento adequado de água, observaram que T_f se mantinha de 1 a 2°C acima de T_a quando esta se encontrava em torno de 36,5°C.

2.3.4. Conteúdo relativo de água da folha em função do conteúdo de água do solo.

Ao plotar-se o conteúdo relativo de água da folha (CRA) contra o conteúdo de água do solo (CAS), verificou-se a dispersão generalizada dos pontos, não apresentando qualquer tendência de correlação entre os dados. O aspecto geral da figura 17. demonstra que nos níveis considerados, o CAS não teve qualquer efeito sobre o CRA, su

gerindo que outros fatores microclimáticos (WEATHERLEY, 1951) e fisiológicos estariam atuando antes que o CAS na determinação do CRA e que o limite do potencial da água do solo que impediria o fluxo para as raízes não foi atingido (JORDAN e RITCHIE, 1971).

De acordo com JORDAN e RITCHIE (1971), a ausência de uniformidade no potencial da água ao longo do perfil do solo, tornaria ainda mais complexa a compreensão da interação entre a disponibilidade de água no solo e na planta, contribuindo para a perda de relação quantitativa esperada para esta interação.

ACKERSON e KRIEG (1977), trabalhando com algodão, milho e sorgo consideraram que quedas menores que 40% na disponibilidade de H_2O do solo caracterizariam condição de água no solo não limitante, enquanto que quedas acima de 60% caracterizariam a limitação na disponibilidade de água.

2.3.5. Conteúdo relativo de água da folha e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar

O conteúdo relativo de água da folha (CRA) ao ser plotado contra o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar (DPV) não a apresentou qualquer definição de tendência (figura 18.).

DPV da ordem de 20 mm Hg não foi suficiente para provocar queda no CRA, indicando que o gradiente de pressão de vapor verificado entre a folha e o ar, nas condições consideradas, não causou desequilíbrios consideráveis no balanço hídrico da folha.

2.3.6. Resistência foliar à difusão de vapor de água e radiação solar global instantânea.

Com o aumento da radiação solar global instantânea (St_i), observou-se a diminuição na resistência foliar à difusão de vapor de âgua.

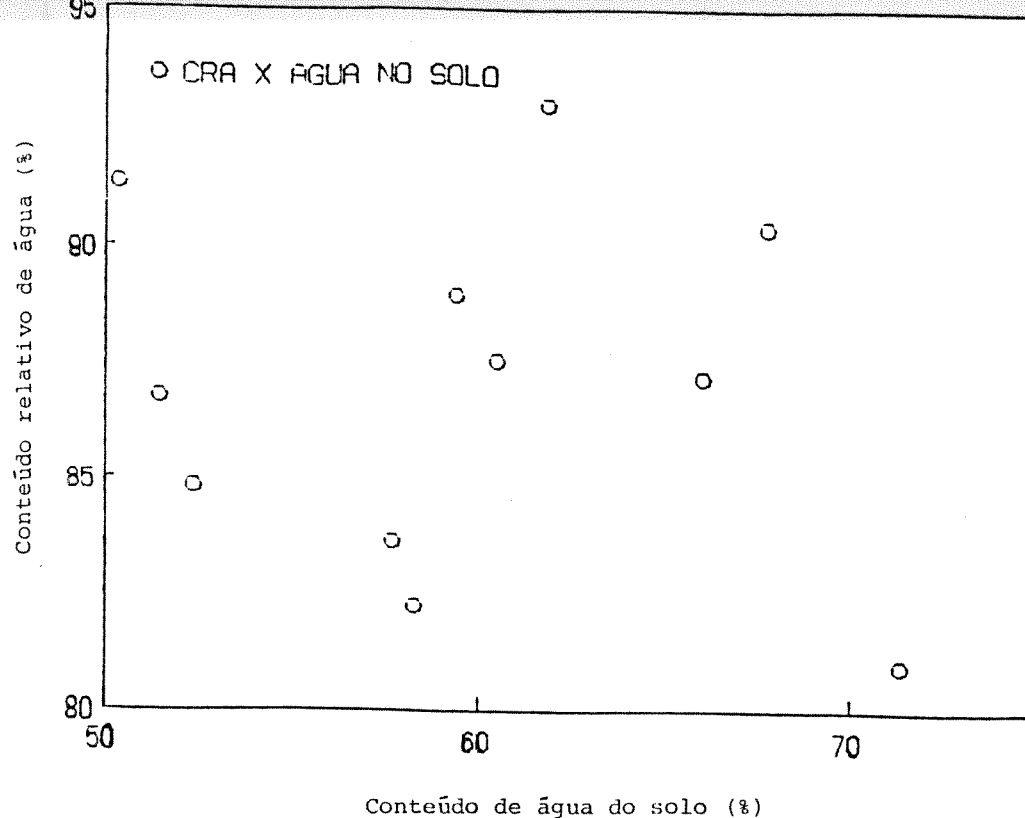


Figura 17 - Alteração no conteúdo relativo de água da folha em função da variação no conteúdo de água do solo, expresso como percentual do conteúdo de água do solo próximo da capacidade de campo (Coeficiente de variação para CRA $\leq 0,0389$).

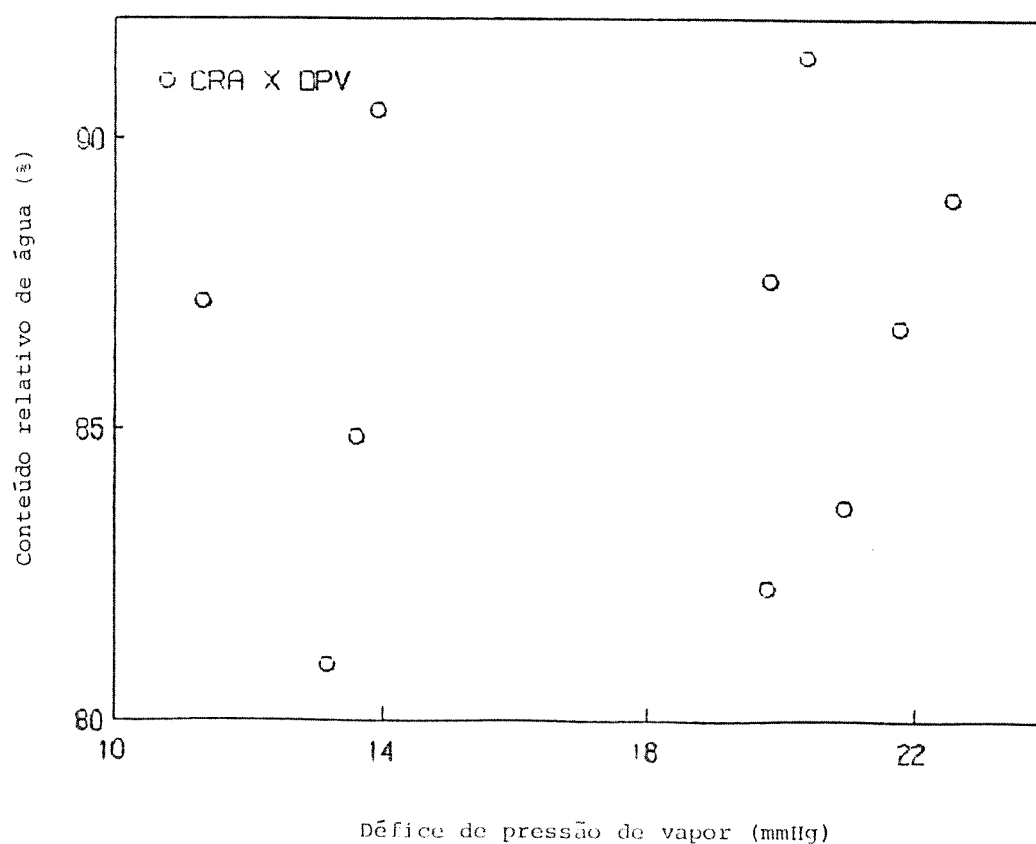


Figura 18 - Efeito do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar sobre o conteúdo relativo de água da folha (Coeficiente de variação para CRA $\leq 0,0389$).

A resposta de R_f à St_i verificada na figura 19. apresenta o aspecto típico do comportamento estomático, onde o efeito direto, através do aumento do poder redutor e da permeabilidade das membranas celulares e o efeito indireto, via diminuição na concentração intracelular de CO_2 , de St_i sobre as células - guarda, possivelmente provocou a abertura e o fechamento dos estômatos (RAO e ANDERSON, 1983).

Níveis de St_i em torno de 600 W.m^{-2} pareceram suficientes para induzir R_f mínima, uma vez que a ação isolada de St_i a níveis acima de 600 W.m^{-2} não pareceu diminuir consideravelmente o valor de R_f .

2.3.7. Resistência foliar à difusão de vapor de água e temperatura do ar

Ao plotar-se R_f contra a temperatura do ar (T_a), figura 20., observou-se que aumentos de T_a induziram aumentos correspondentes em R_f , até que T_a atingiu aproximadamente 31°C , de acordo com a equação de regressão ajustada aos dados, alterando-se a partir deste momento a tendência para estabilização ou ligeiro declínio de R_f em função de aumentos em T_a .

Aumentos em R_f em resposta à elevação de T_a podem estar associados ao abaixamento no CRA da folha em resposta ao aumento no fluxo transpiratório necessário para a manutenção do equilíbrio energético da folha, evitando seu superaquecimento.

KAUFMANN (1982) menciona que variações na temperatura não tiveram efeitos sobre o comportamento estomático a não ser através de seu efeito sobre DPV.

Aumento na concentração interna de CO_2 da folha associado a reduções na fotossíntese líquida e aumentos na taxa de respiração poderiam provocar o aumento em R_f em altas temperaturas (WEST e GAFF, 1976 & WARRIT et al., 1980).

A modificação na tendência de comportamento de R_f em função de T_a , a partir de 31°C , poderia ser entendida como um ajuste inapropriado da equação de regressão para temperaturas acima de 31°C , provocado pela ausência de maior número de medidas de R_f à temperaturas em torno ou acima de 31°C .

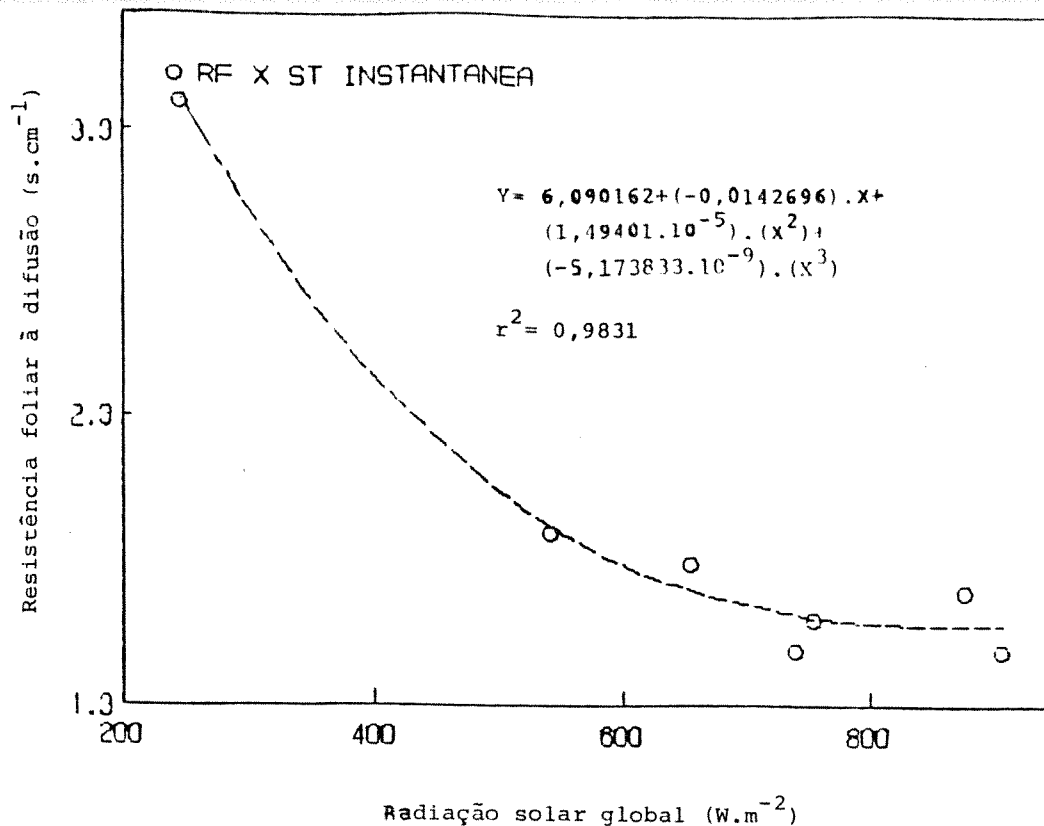


Figura 19 - Alteração na resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função da radiação solar global instantânea, quando a última permaneceu estável (Coeficiente de variação para $R_f \leq 0,4444$).

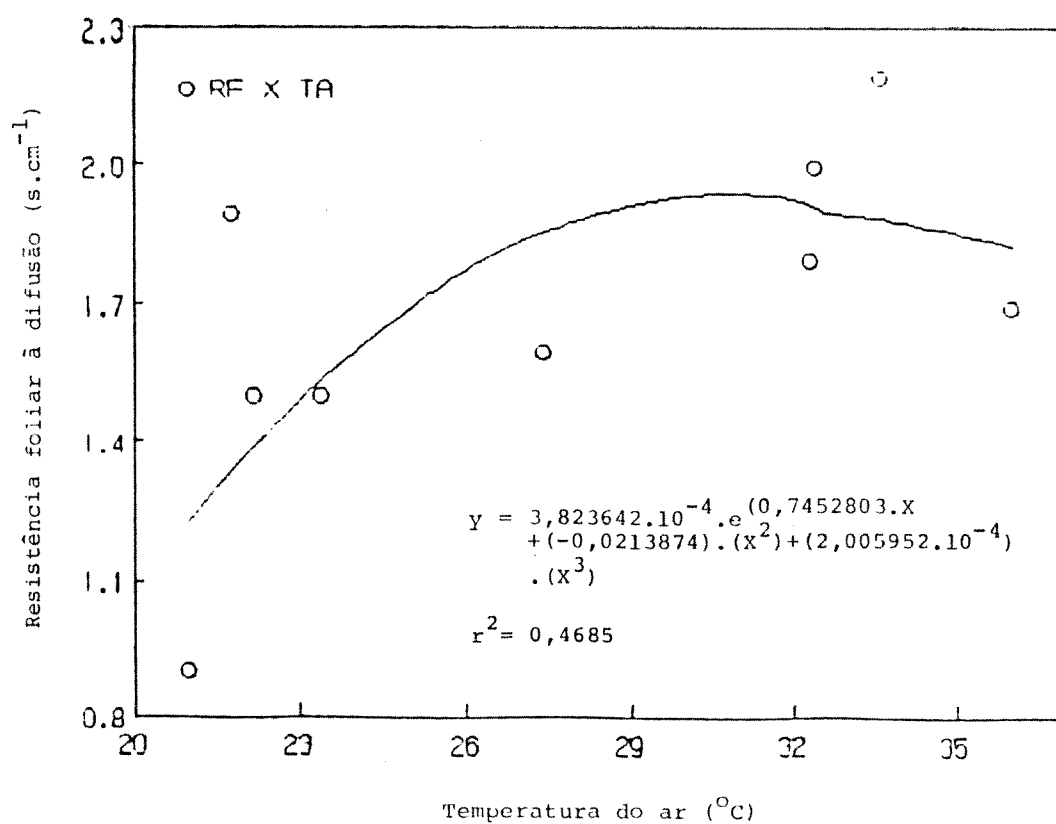


Figura 20 - Alteração na resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função da temperatura do ar, quando a radiação solar global instantânea foi maior ou igual a $650 W \cdot m^{-2}$ e estável (Coeficiente de variação para $R_f \leq 0,5555$).

2.3.8. Resistência foliar à difusão de vapor de água e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar.

A figura 21. mostra RF em função do DPV, na qual observa-se que o movimento estomático de P. lobata não pareceu ter sido acen-
tuadamente influenciado pelo DPV, de maneira similar a outras plan-
tas crescendo em condições de campo (LUDLOW & IBAKARI, 1979). O au-
mento no DPV de 11 para 22 mmHg foi acompanhado por aumento em RF
de 1,4 para 2,1 s.cm⁻¹, de acordo com a equação de regressão.

Plantas de Pennisetum typhoides crescidas à campo sob défi-
ce hídrico não tiveram o comportamento estomático afetado pelo DPV,
enquanto que plantas crescendo em solo irrigado apresentaram alta
correlação entre a condutância estomática e o DPV (SQUIRE, 1979).

Fechamento estomático em resposta a pequenos valores de DPV
não traria grandes benefícios a plantas crescendo em ambientes on-
de se verifica reduzido suprimento de água e grandes valores de DPV,
devido à redução na assimilação de CO₂ (TURNER e BEGG, 1981).

HALL e KAUFMANN (1975) demonstraram que para Sesamum indicum,
sob diferentes concentrações de CO₂, o aumento de Rf em resposta ao
aumento na diferença na concentração de vapor de água entre a folha
e o ar ocorria quanto Tf encontrava-se em torno de 20°C. Com Tf aci-
ma de 20°C não pôde ser observada tendência clara no comportamento
de Rf.

MOTT e O'LEARY (1984), trabalhando com plantas de Helianthus
annuus e xanthium strumarium envasadas e crescendo dentro e fora de
casa de vegetação, demonstraram a menor sensibilidade dos estômatos
localizados na epiderme inferior da folha ao aumento no DPV quando
comparados aos estômatos localizados na epiderme superior.

A resposta pouco acentuada de R_f de P. lobata ao aumento no DPV pode estar relacionada à ausência de perda de turgescência expressiva nas células epidérmicas próximas aos estômatos ou à baixa sensibilidade dos estômatos a esta perda de turgescência. Níveis de St_i observados neste experimento podem ter sido responsáveis pela ausência de resposta acentuada de R_f ao aumento no DPV (KAUFMANN, 1976 & SILCOCK e WILSON, 1982) uma vez que mesmo com T_a elevada R_f pode apresentar baixa sensibilidade ao DPV (MEIDNER e MANSFIELD, 1968).

2.3.9. Resistência foliar à difusão de vapor de água e conteúdo de água do solo.

R_f mostrou correlação linear negativa quando plotado contra o CAS. A diminuição no CAS de cerca de 70 para 50% da capacidade de campo, elevou R_f de aproximadamente 0,9 para 1,8 $s.cm^{-1}$.

O fechamento parcial ou total dos estômatos induzido pela redução na disponibilidade de água no solo constitui importante mecanismo de defesa das plantas contra o déficit hídrico (MOONEY e DUNN, 1970; TURNER e BEGG, 1981 & TEIXEIRA et al., 1983).

A redução na perda de água através do fechamento estomático resulta na redução do resfriamento evaporativo e no superaquecimento potencial da folha (MOONEY & DUNN, 1970; HASHIMOTO et al., 1984 & HATFIELD et al., 1987). Portanto, a redução na perda de água via fechamento de estômatos somente seria vantajosa quando a disponibilidade de água no solo sofresse reduções realmente significativas.

A estratégia de manutenção de baixa R_f em ambientes onde a água constitui fator limitante para o crescimento e desenvolvimento das plantas, enquanto há grandes quantidades de água disponível no solo, possibilita a rápida utilização desta água permitindo o cresci

mento acelerado e melhor utilização dos recursos ao evitar que a água seja rapidamente perdida para outras plantas, pela percolação ou evaporação (MOTT et al., 1982).

A figura 22. mostra a relação entre Rf e o CAS.

2.4. Aspectos fisiológicos

2.4.1. Atividade de NR e temperatura foliar medida com o porômetro.

Os dados na figura 23. mostram a relação entre a atividade de NR e Tf_p , onde, temperaturas em torno de $28,0^{\circ}\text{C}$ aumentaram a atividade da enzima, enquanto que temperaturas extremas, acima de $33,0^{\circ}\text{C}$ e abaixo de $23,5^{\circ}\text{C}$ tiveram efeito inibitório sobre a atividade da enzima.

Sendo Tf_p determinada principalmente por Ta , as considerações levantadas no item 2.3.1. também se aplicariam a este teste.

O menor coeficiente de correlação encontrado neste item quando comparado ao item 2.3.1. pode estar relacionado a oscilações na temperatura da folha provocada pela modificação nas condições ambientais ou pelo contato mecânico do folíolo com a pinça que aloja os sensores do porômetro.

2.4.2. Atividade de NR em função do conteúdo relativo de água da folha

Através da figura 24., verifica-se que quando a temperatura do ar permanece entre $23,4$ e $33,6^{\circ}\text{C}$ no momento das amostragens, não se observa efeito acentuado do CRA, nos níveis considerados, sobre a atividade de NR, à exemplo do arroz, onde somente redução no CRA da ordem de 15% induziu queda significativa na atividade de NR (SAIRAM e DUBE, 1984). Em trigo, redução no CRA de 93,3 para 80,9% provocou queda de 49% na atividade de NR (PLAUT, 1973).

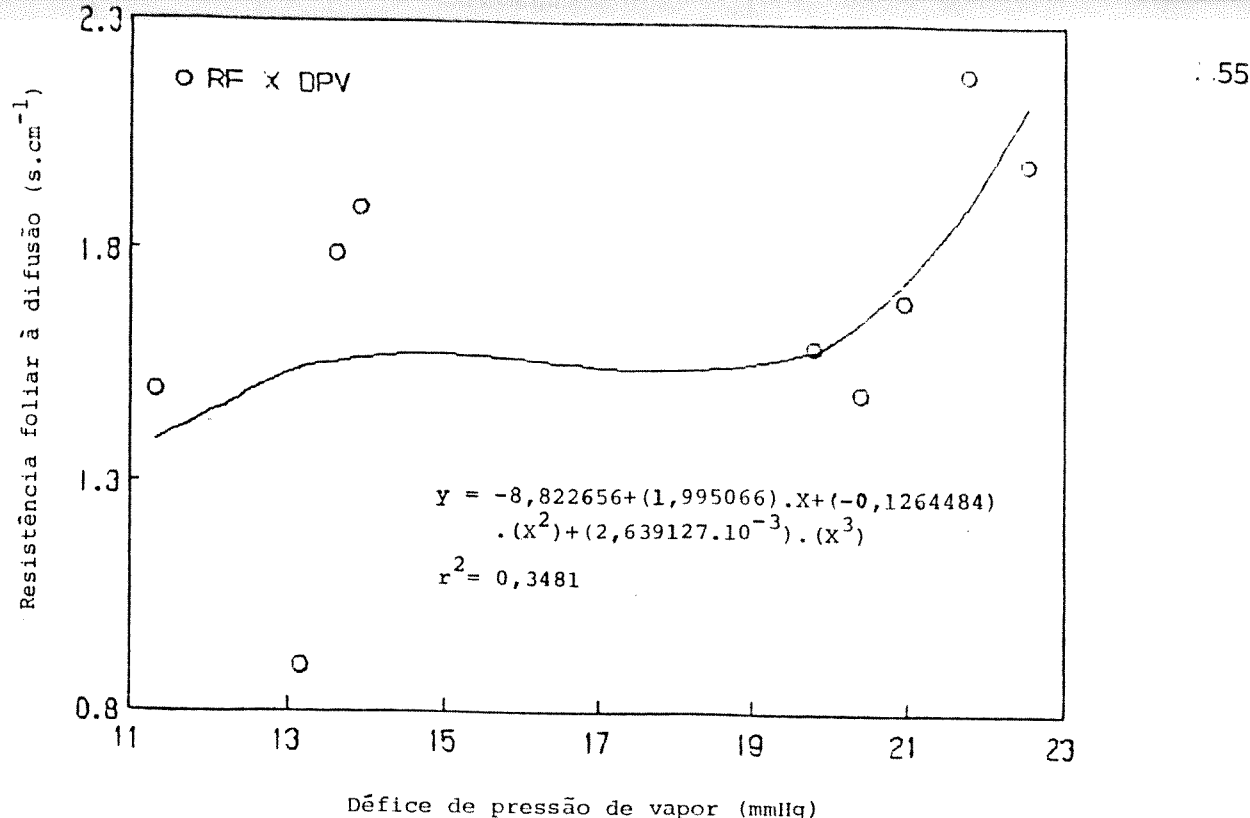


Figura 21 - Relação entre a resistência foliar à difusão de vapor e o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, quando a radiação solar global instantânea foi maior ou igual a 530 W.m^{-2} e estável (Coeficiente de variação para $R_f \leq 0,5555$).

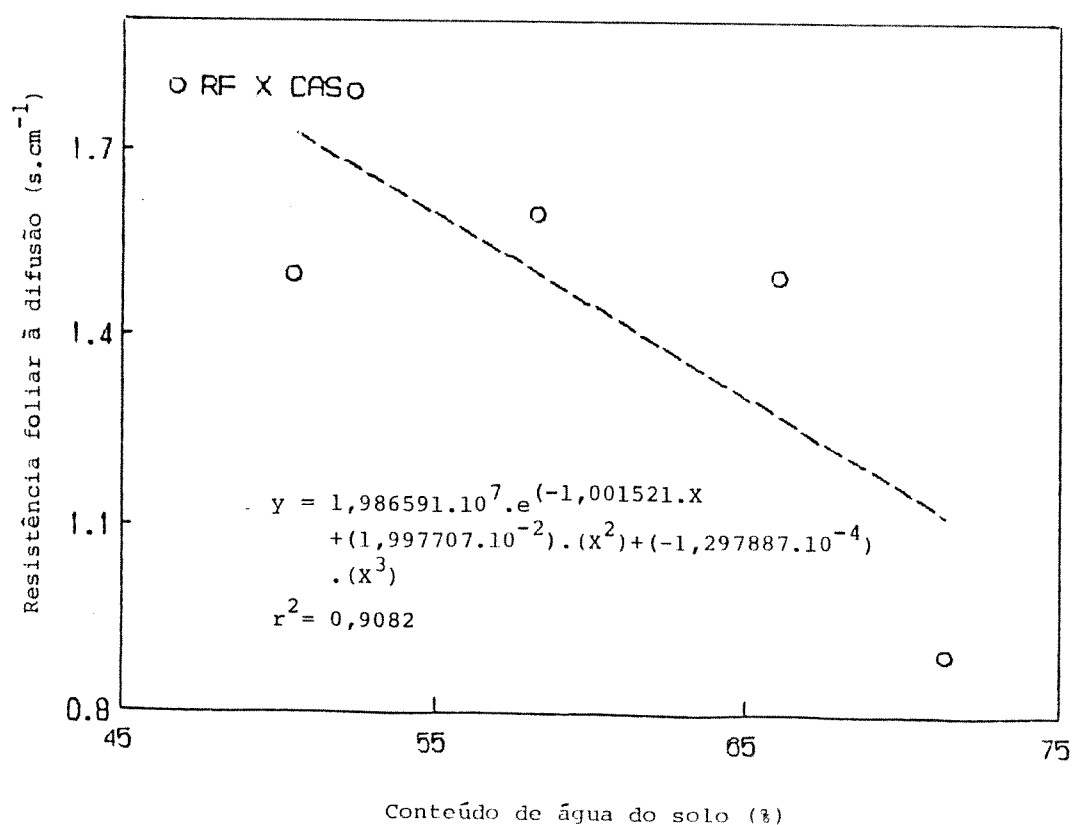


Figura 22 - Alteração na resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função do conteúdo de água do solo, expresso como percentual do conteúdo de água próximo da capacidade de campo, quando a radiação solar instantânea foi maior ou igual a 650 W.m^{-2} e a temperatura foliar menor ou igual a $32,2^\circ\text{C}$ (Coeficiente de variação para $R_f \leq 0,5555$).

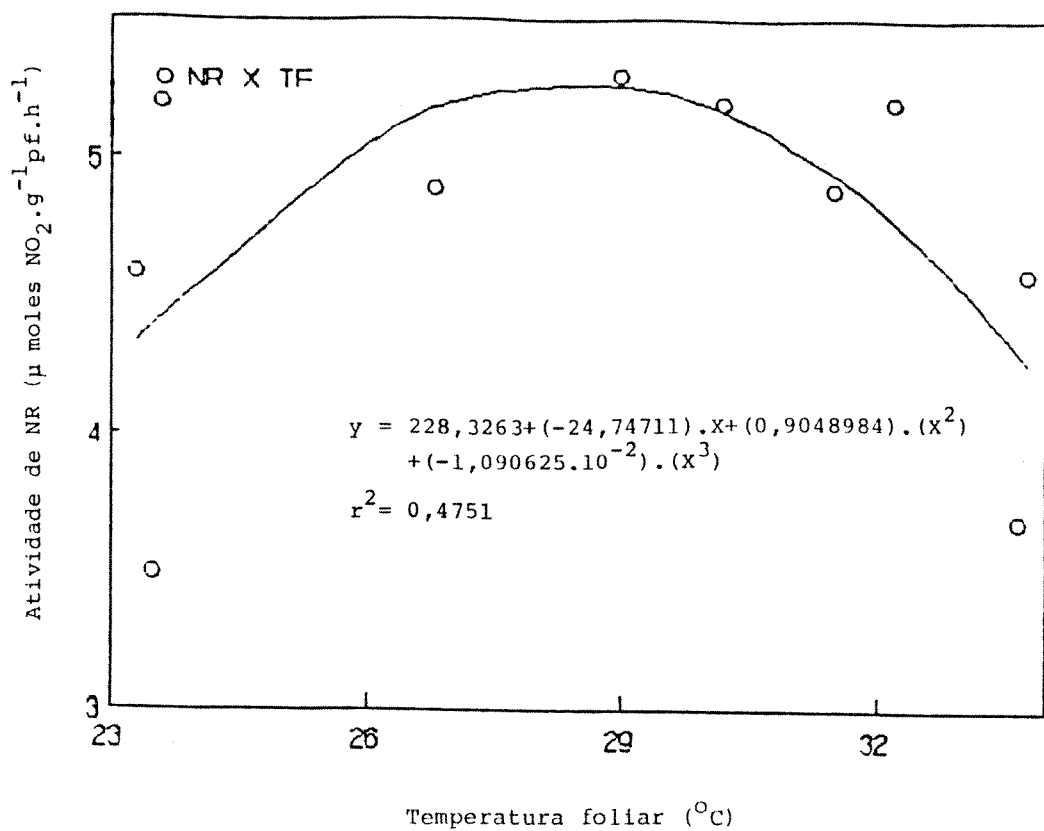


Figura 23 - Efeito da temperatura foliar, medida através do porômetro, sobre a atividade da redutase de nitrato, quando não se verificou diferença acentuada na radiação solar global entre o dia da amostragem e o dia anterior: (Coeficiente de variação para Tf $\leq 0,0468$ e para NR $\leq 0,3860$).

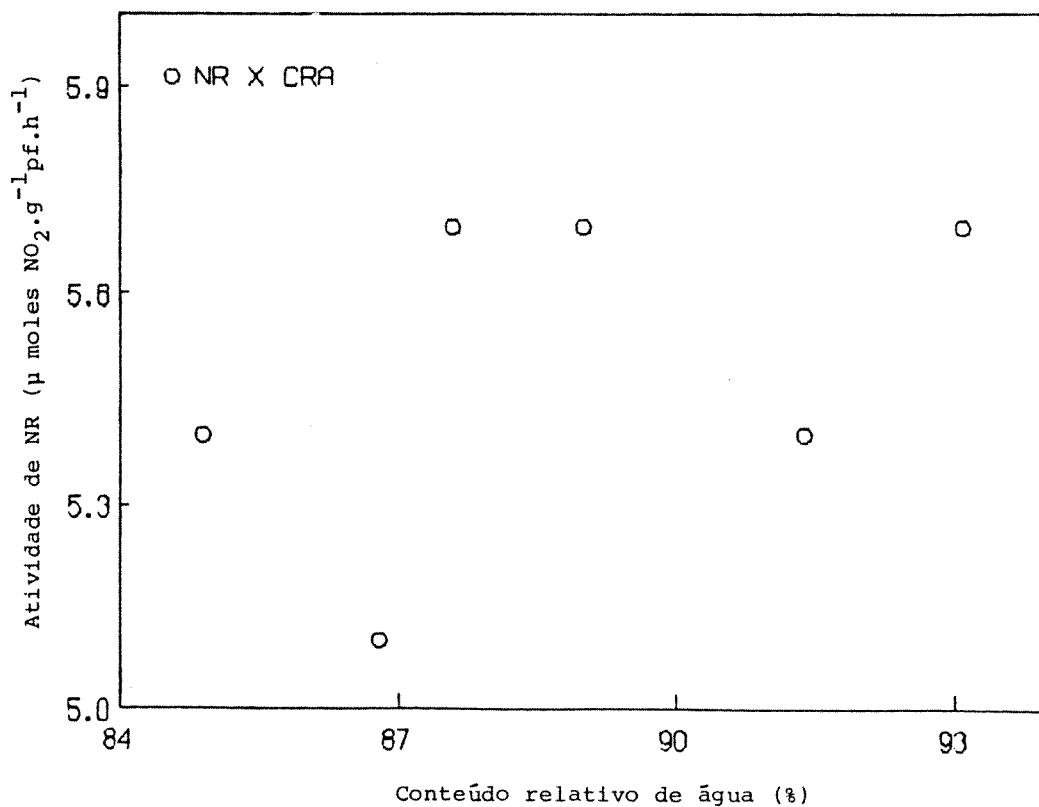


Figura 24 - Efeito do conteúdo relativo de água da folha sobre a atividade da redutase de nitrato, quando não se verificou diferença acentuada na radiação solar global entre o dia da amostragem e o dia anterior e a temperatura do ar variou entre 23,4 e 33,6 $^{\circ}\text{C}$ (Coeficiente de variação para CRA $\leq 0,0389$ e para NR $\leq 0,2593$).

SMIRNOFF e STEWART (1985) mencionam que plantas cultivadas submetidas a estresse hídrico naturalmente verificado no campo podem apresentar alta atividade de NR, contribuindo, talvez, para dissipação do excesso de energia fotoquímica provocado pelo fechamento dos estômatos e foto-inibição da fotossíntese.

2.4.3. Atividade de NR em função da resistência foliar à difusão de vapor de água.

Como pode-se observar através da figura 25., a atividade de NR e Rf apresentaram correlação negativa. Valores crescentes de Rf implicaram em valores correspondentemente decrescentes de NR.

Atividade de NR tem sido inversamente relacionada à Rf em diferentes espécies (MANAM et al., 1977 & DEJONG e DOYLE, 1985).

Possíveis reduções no suprimento de nitrato via fluxo transpiratório (DEJONG e DOYLE, 1985) poderiam provocar redução na atividade de NR.

A correlação observada entre atividade de NR e Rf também pode estar associada ao efeito simultâneo da queda na disponibilidade de água sobre os dois parâmetros fisiológicos.

2.4.4. Resistência foliar à difusão de vapor de água e conteúdo relativo de água da folha.

Através da figura 26. pode-se observar que para os valores de CRA compreendidos entre 81 e 93%, os valores de Rf correspondentes se encontram dispostos de tal forma que nenhuma tendência parece ter sido definida, mostrando que nos níveis considerados, o CRA não teve efeito considerável sobre Rf. Estes resultados se mostram ainda mais significativos ao admitir-se que em tecidos próximos à saturação pequenas alterações no conteúdo de água afetam muito mais o potencial de água do que o CRA da folha (HSIAO, 1973 e TURNER et al., 1987).

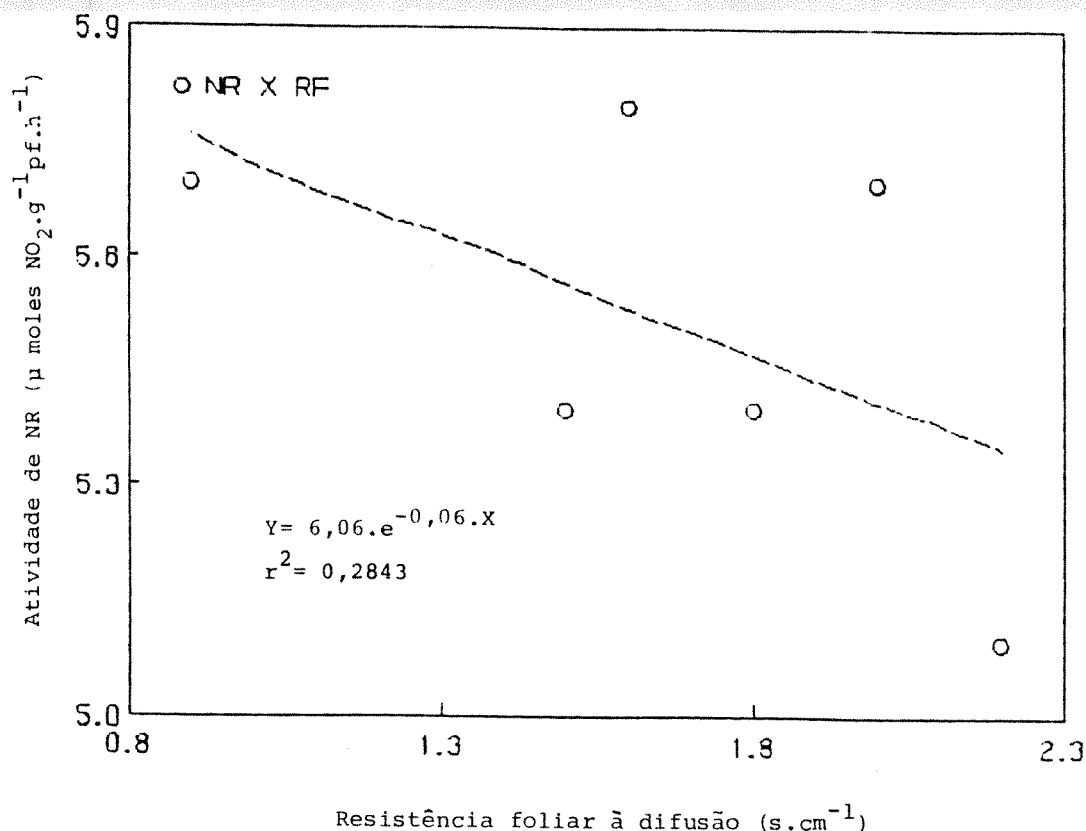


Figura 25 - Relação entre a atividade da redutase de nitrato e a resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar, quando a temperatura do ar variou entre 23,4 e 33,6°C e a radiação solar instantânea foi maior ou igual a 530 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ e estável (Coeficiente de variação para NR $\leq 0,3095$ e para Rf $\leq 0,4444$).

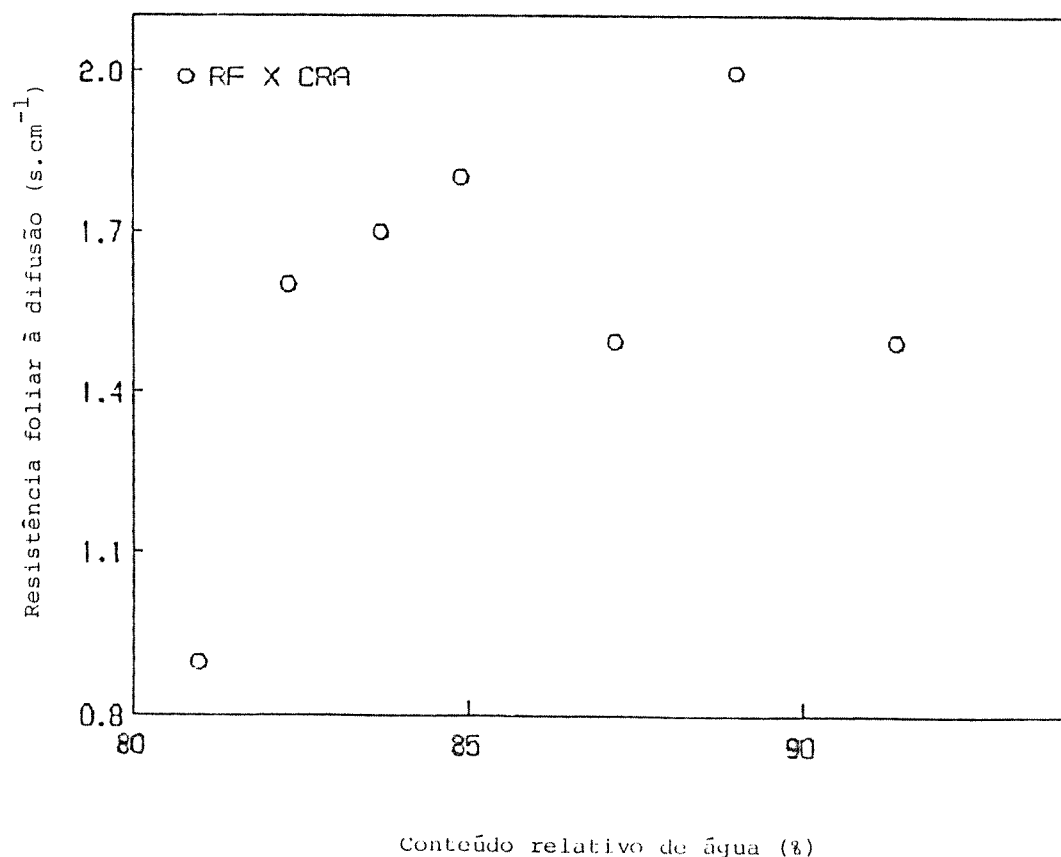


Figura 26 - Alteração na resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função do conteúdo relativo de água da folha, quando a radiação solar instantânea se manteve estável e maior ou igual a 530 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ (Coeficiente de variação para Rf $\leq 0,5555$ e para CRA $\leq 0,0389$).

Plantas de soja (MANAM et al., 1977), mandioca (IKE e THURTELL, 1981) e girassol (COX e JOLLIFF, 1987) entre outras, têm apresentado necessidade que a redução na disponibilidade de água na folha atinja um "limiar" para que ocorra modificação no comportamento estomático em resposta ao estresse hídrico, situando-se este "limiar" entre 80 e 85% do CRA para soja (TURNER et al., 1978).

St_i oscilando entre 600 e 910 $w.m^{-2}$ pode ter atuado de forma a inibir o aumento de R_f induzido pela queda de 12 pontos percentuais no CRA (HSIAO, 1973; TURNER, 1974; ACKERSON et al., 1977 b. & HENSON et al., 1982).

Plantas de algodão (JORDAN e RITCHIE, 1971 & ACKERSON et al., 1977 a. e b.), milho e sorgo (TURNER e BEGG, 1973), soja (TURNER et al., 1978) e Pennisetum americanum (HENSON et al., 1982) crescidas à campo têm demonstrado necessidade de maiores reduções na disponibilidade interna de água para provocar fechamento dos estômatos quando comparadas a plantas crescidas em ambiente controlado, sugerindo que a exposição prolongada a déficit hídrico severo teria modificado a resposta dos estômatos à queda na disponibilidade de água em plantas crescidas à campo (JORDAN e RITCHIE, 1971). Além disso, a disponibilidade de água para as raízes se altera lentamente, resultando em alterações lentas na disponibilidade de água na folha que associadas a eventual ajustamento osmótico possibilitaria a manutenção da abertura estomática (HALL e HOFFMAN, 1976).

R_f da superfície adaxial de plantas de soja crescidas em ambiente controlado tem apresentado maior sensibilidade à queda na disponibilidade de água na folha quando comparada à R_f da superfície abaxial (SIONIT e KRAMER, 1976).

De acordo com HSIAO (1973), abaixamento maior que dez mas menor que 20 pontos percentuais no CRA caracterizaria condição de

estresse hídrico moderado. Baseado neste critério, podemos admitir que o estresse hídrico moderado, sob considerável DPV, não provocou aumento de RF em P. lobata em resposta à perda de água através da folha.

Trabalhando com plantas de soja e milho crescidas à campo, BENNETT e colaboradores (1987) não encontraram correlação significativa entre o comportamento estomático e três formas de medida da disponibilidade de água na folha, incluindo CRA, quando as plantas não se encontravam sob estresse hídrico severo.

Em termos adaptativos o fechamento dos estômatos em resposta à queda na disponibilidade de água pode ser ou não vantajoso, dependendo principalmente da competição que venha a ocorrer pela utilização do recurso. Em ambiente onde não se verifica competição, devido a pequena densidade de plantas ou ausência de outras espécies, o fechamento dos estômatos seria vantajoso ao permitir a utilização mais racional da água disponível. Todavia, em ambientes onde se verifica grande competição pela água, o fechamento dos estômatos poderia ser desvantajoso, ao impedir as plantas de estender seu período de extração de água do solo, uma vez que o recurso poderia ser utilizado por outro indivíduo, possibilitando a manutenção da fotossíntese que seria especialmente vantajosa caso utilizada para o crescimento em profundidade do sistema radicular (McCREE, 1974; HENZELL et al., 1976 & LORENS et al., 1987).

2.4.5. Resistência foliar à difusão de vapor de água e temperatura foliar.

Quanto St_i manteve-se estável e acima de 540 W.m^{-2} , R_f respondeu de forma direta a variações em T_f . O aumento em T_f entre $23,5$ e $33,7^\circ\text{C}$ provocou aumento em R_f de cerca de $1,2$ para $1,9 \text{ s.cm}^{-1}$. De acordo com a equação de regressão ajustada, a temperaturas próximas de 32°C , R_f atingiria seu valor máximo.

Temperaturas acima de 30°C têm provocado aumento em R_f , em

plantas mesófilas, em resposta ao desequilíbrio entre a perda e o ganho de água da folha em consequência do aumento do fluxo evapotranspiratório e ao excesso de CO_2 proveniente da respiração (SLATYER, 1967).

Aumento em R_f em resposta a aumento em T_f acima de 15 a 20°C em Populus grandidentata foi confundido com aumento no DPV em decorrência das peculiaridades apresentadas pela técnica empregada (JURIK et al., 1984). Trabalhando com macieiras, WARRIT e colaboradores (1980) verificaram que R_f não foi afetada por T_f variando entre 13 e 29°C, quando o DPV permaneceu constante. Todavia, tentativa realizada no sentido de eliminar o efeito do DPV sobre a R_f neste trabalho não resultou em modificações significativas na resposta de R_f a variações em T_f .

A figura 27. apresenta a relação entre R_f e T_f .

Como pode ser visto através das figuras 13 a 15 e 23 a 25, a atividade da redutase de nitrato mostrou-se essencialmente dependente da temperatura do ar, sofrendo influência da radiação solar e da resistência foliar à difusão de vapor de água, sem no entanto, apresentar alterações bem definidas em resposta a alterações no conteúdo relativo de água da folha.

A resistência foliar à difusão de vapor de água mostrou-se fundamentalmente influenciada pela radiação solar e pela temperatura foliar, sofrendo ainda, efeito do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, como pode-se observar através das figuras 19, 21 e 27.

As alterações no conteúdo de água do solo não pareceram suficientes para provocar modificações de caráter mais permanente no conteúdo relativo de água na folha, apresentando todavia, pequeno efeito sobre a resistência foliar à difusão de vapor, como pode ser visto através das figuras 22 e 26. As relações observadas nas figuras 22 e 26 poderiam ser explicadas em função de uma sensibilidade eventualmente maior da resistência foliar à difusão de vapor a alterações no conteúdo de água no solo, quando comparada ao conteúdo relativo de água da folha ou ainda a problemas inerentes ao método utilizado para determinação do conteúdo relativo de água da folha.

3. ASPECTOS FISIO-ECOLÓGICOS AVALIADOS NO EXPERIMENTO EM CASA DE VEGETAÇÃO

3.1. Aspectos microclimáticos

3.1.1. Temperatura do ar

A figura 28. apresenta os valores de temperatura do ar no interior da casa de vegetação no momento das amostragens.

Os valores máximos e mínimos da temperatura do ar observados no 5º e no 9º dia do início do experimento foram 34,2 e 27,0°C, respectivamente.

3.1.2. Radiação solar global

As figuras 29. e 30. mostram, respectivamente, a radiação solar global diária, medida fora da casa de vegetação, e a radiação solar global instantânea, medida no plano dos folíolos.

A radiação solar global diária oscilou entre 330 e 620 cal. cm⁻².dia⁻¹, apresentando média igual a 415 cal.cm⁻².dia⁻¹ para os

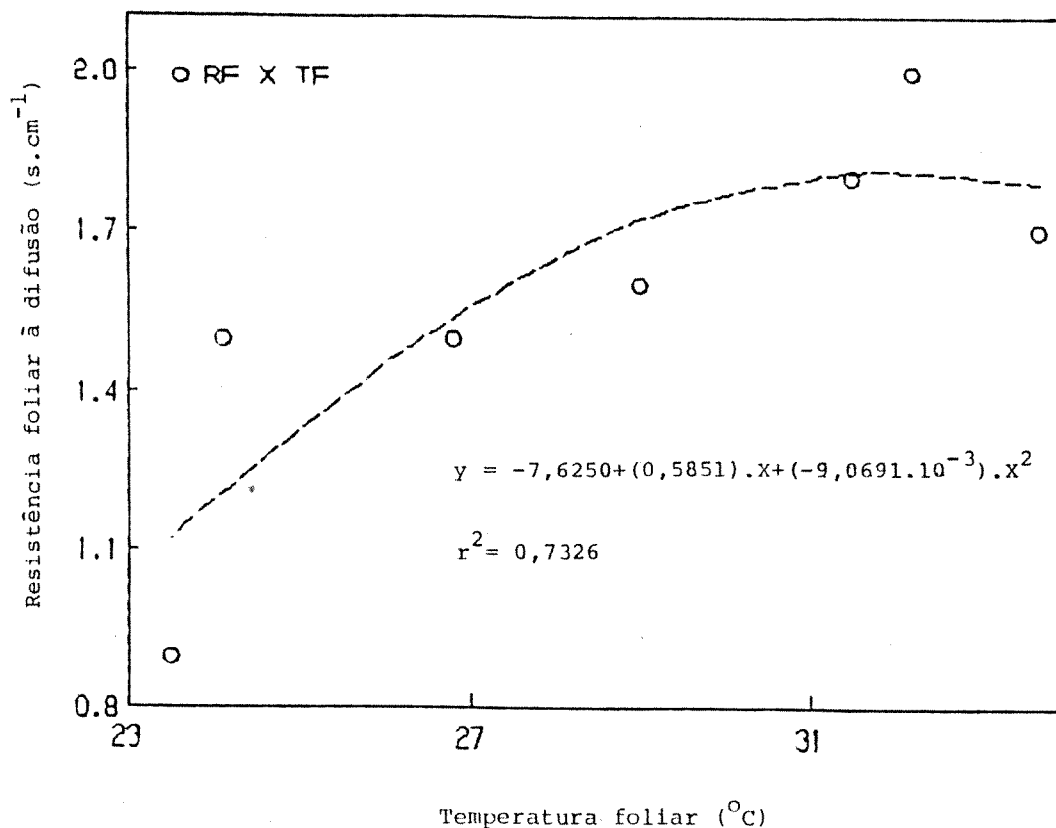


Figura 27 - Relação entre a resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar e a temperatura foliar, medida com o porômetro, quando a radiação solar instantânea foi estável e maior ou igual a $540 W.m^{-2}$. (Coeficiente de variação para $R_f \leq 0,5555$ e para $T_f \leq 0,0468$).

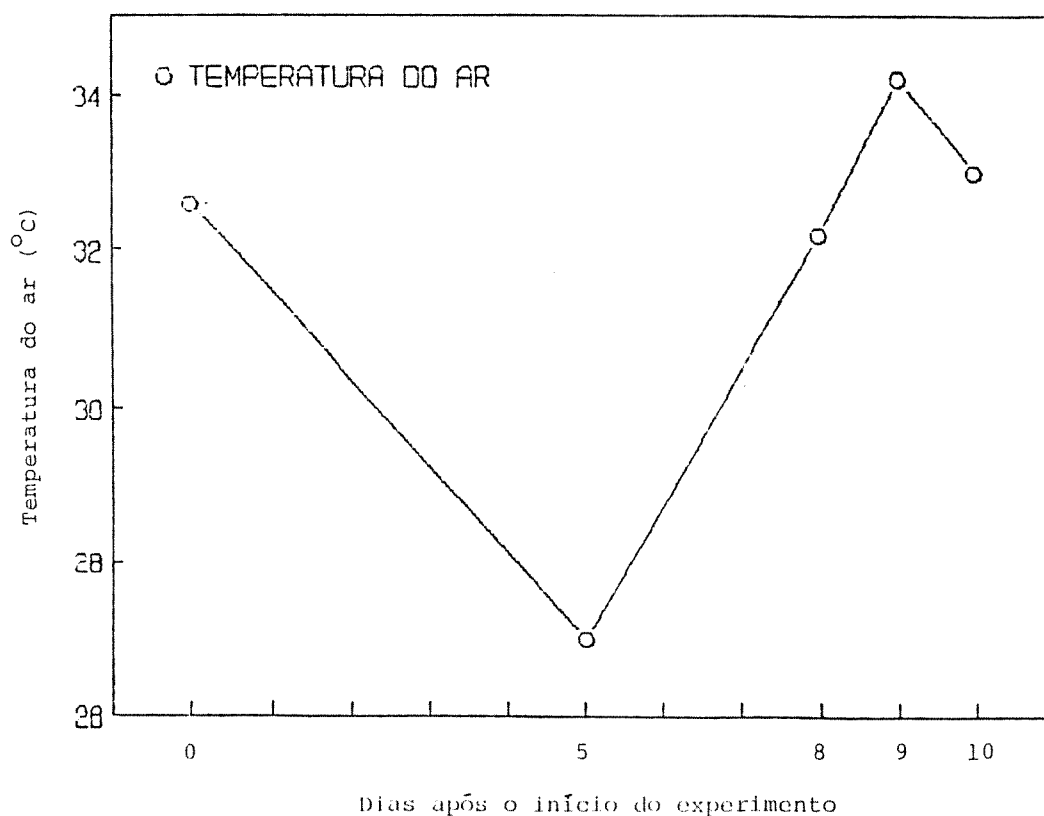


Figura 28 - Temperatura do ar no interior da casa de vegetação no momento das amostragens.

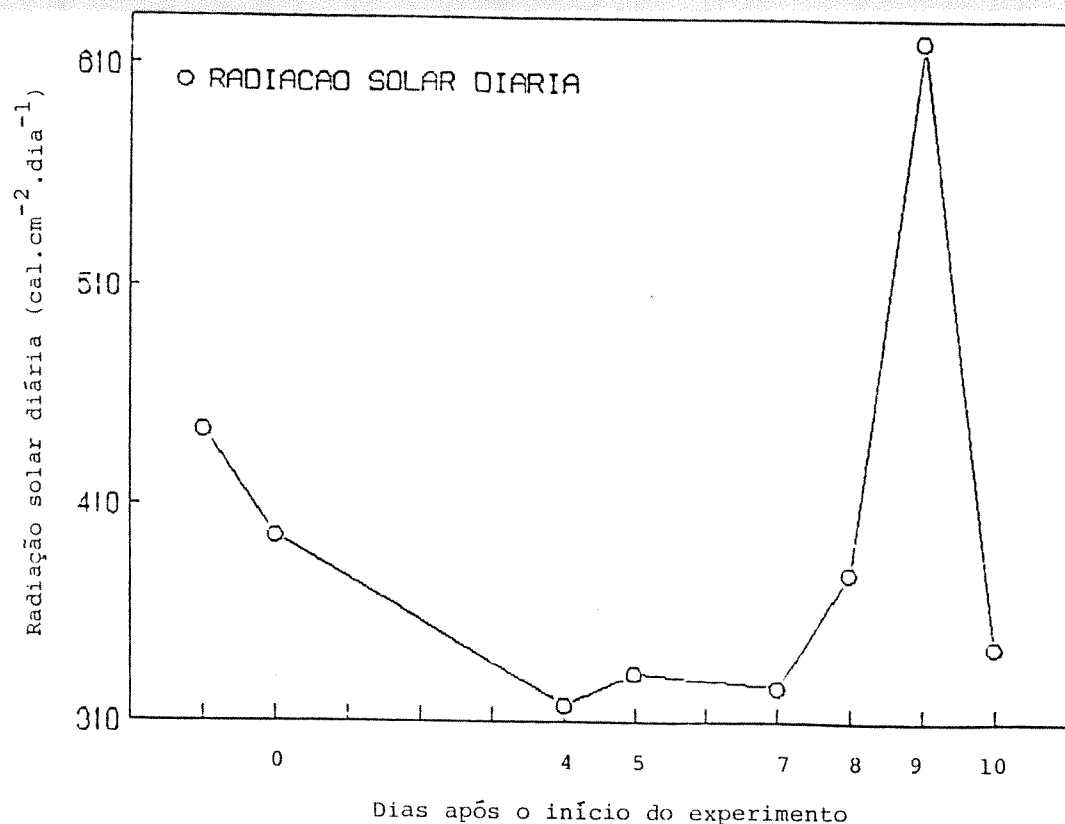


Figura 29 - Radiação solar global diária, fora da casa de vegetação nos dias anteriores e nos dias utilizados para amostragem.

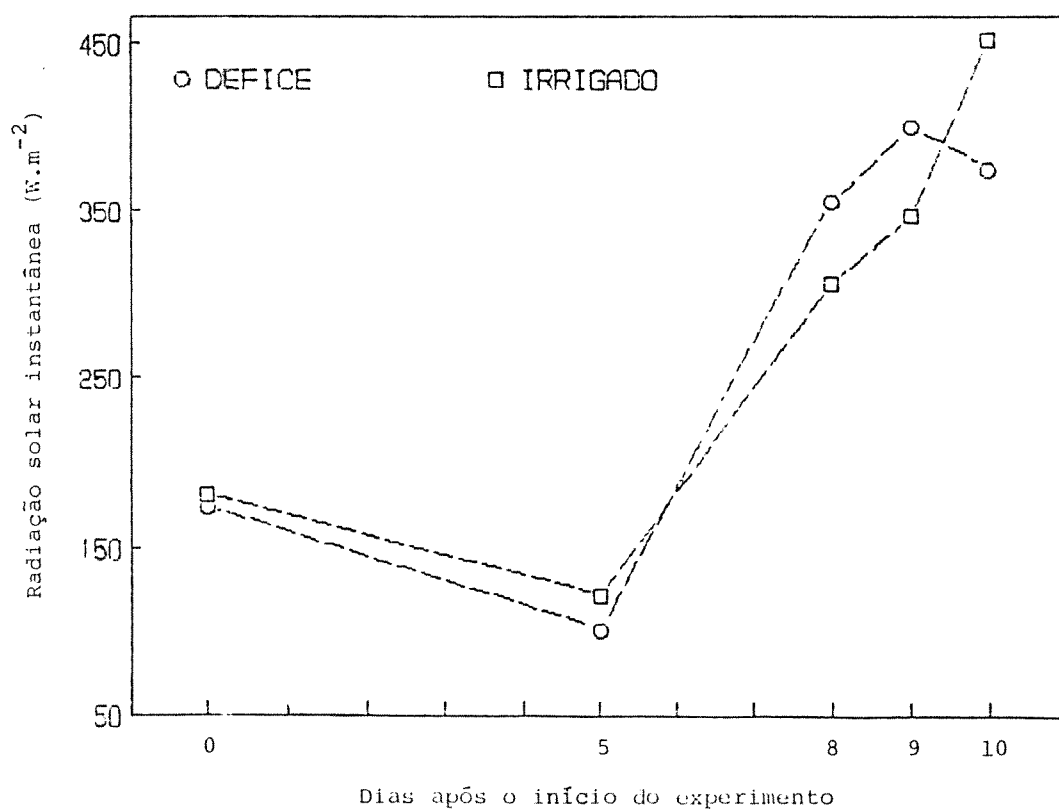


Figura 30 - Radiação solar global instantânea medida no plano dos folíolos no momento das amostragens. (Coeficiente de variação $\leq 0,3616$ (○) ou $\leq 0,6211$ (□)).

cinco dias de amostragem, enquanto que a radiação solar global instantânea oscilou entre 100 e 450 W.m^{-2} , apresentando média igual a 280 W.m^{-2} .

A curva de radiação solar global instantânea apresentou, de modo geral, o mesmo aspecto da curva de radiação solar global diária. Devido ao aumento da nebulosidade ocorrido no 10º dia do início do experimento, verificou-se diferentes tendências entre as medidas de radiação realizadas no momento da amostragem e ao longo do dia.

3.1.3. Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar na casa de vegetação no momento das amostragens oscilou entre 49 e 74%, apresentando média de 59%.

A figura 31. apresenta os dados de umidade relativa do ar.

3.2. Aspectos edáficos

3.2.1. Conteúdo de água do solo

O conteúdo de água do solo (CAS) dos vasos nos dias utilizados para as amostragens é apresentado na figura 32.

Os vasos irrigados tiveram seu CAS variando entre 92 e 97% do máximo conteúdo de água do solo verificado no experimento em casa de vegetação, enquanto que nos vasos não irrigados esta variação foi de 47 a 100%.

Durante o período experimental, o CAS dos vasos cuja irrigação foi suspensa diminuiu linearmente até atingir o valor de $0,170 \text{ gH}_2\text{O.gsolo}^{-1}$, em torno do qual se manteve até que fosse novamente irrigado. Após a re-irrigação, o solo apresentou conteúdo de água equivalente a 88% do máximo conteúdo de água verificado neste experimento.

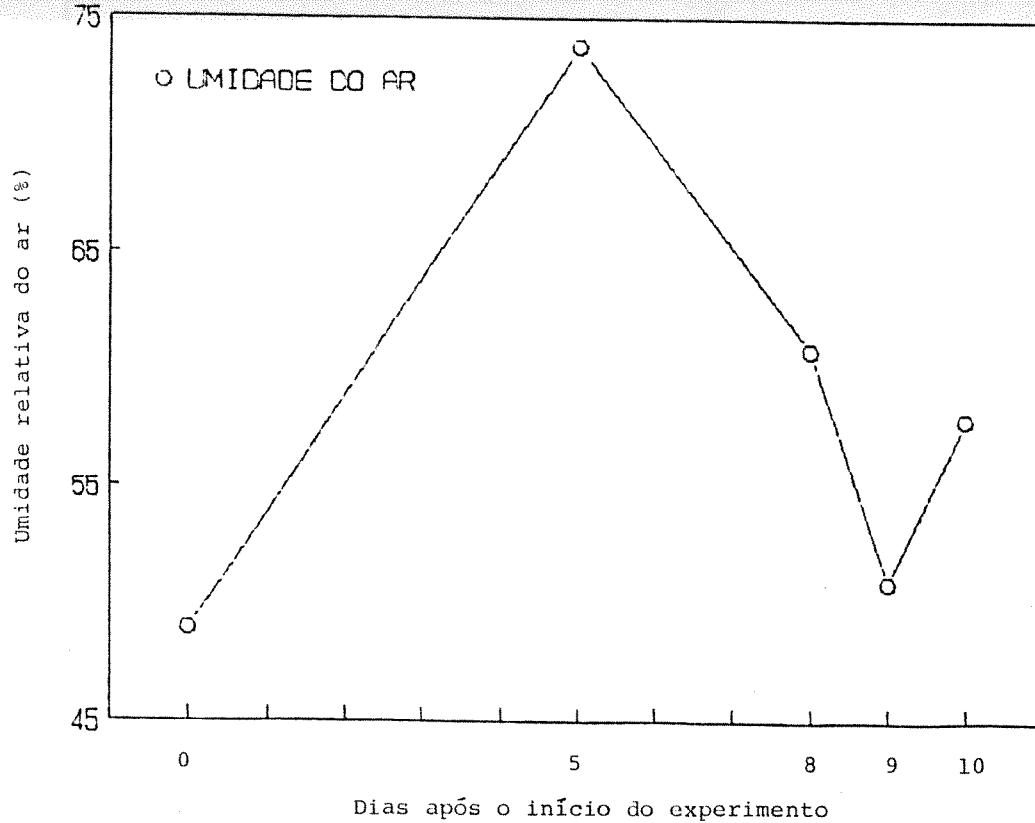


Figura 31 - Umidade relativa do ar medida no interior da casa de vegetação no momento das amostragens.

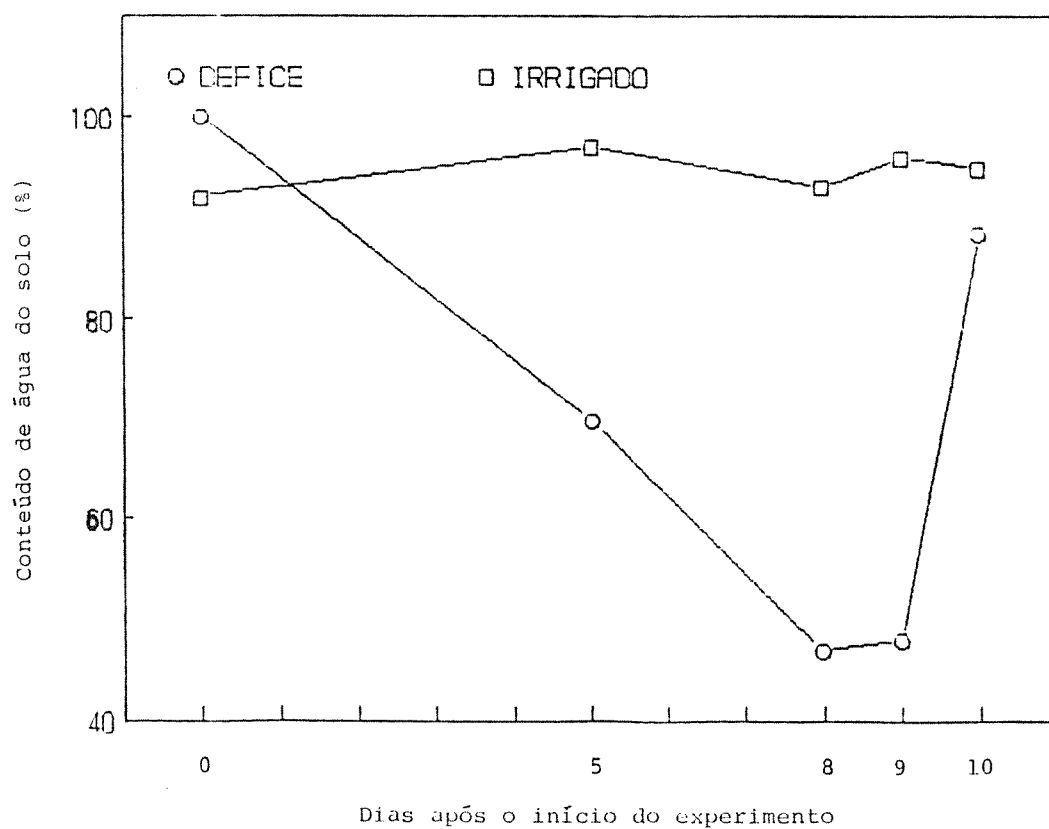


Figura 32 - Conteúdo de água do solo, expresso como percentual do máximo conteúdo de água do solo verificado neste experimento, no momento das amostragens. (Coeficiente de variação $\leq 0,1657$ (○) ou $\leq 0,0400$ (□)).

3.3. Aspectos interativos

3.3.1. Temperatura foliar e temperatura do ar

À exemplo do experimento de campo, a temperatura foliar medida com o porômetro (T_{f_p}) mostrou-se estreitamente relacionada à temperatura do ar (T_a), quando esta variou entre 27,0 e 34,2°C.

Com T_a acima de 28°C, T_{f_p} se manteve sempre abaixo de T_a , indicando que mesmo com CRA de 78% e conteúdo de água do solo igual a 48% do máximo conteúdo de água verificado, o balanço hídrico e de energia não foram suficientemente desequilibrados a ponto de provocar aumento significativo de T_{f_p} quando comparado à T_a (WALTER e HATFIELD, 1979).

A figura 33. mostra a relação entre T_{f_p} e T_a .

3.3.2. Conteúdo relativo de água da folha em função do conteúdo de água do solo.

O CRA de plantas de P. phaseoloides crescidas em vasos mostrou-se diretamente relacionado ao CAS, como pode-se observar através da figura 34.

A queda no CAS de 100 para cerca de 50% do máximo CAS observado provocou queda no CRA de 96 para 78%, caracterizando a condição de estresse hídrico moderado, de acordo com HSIAO (1973). SILVA e RESCK (1981), trabalhando com plantas de soja crescidas em casa de vegetação em solo argiloso, verificaram redução no CRA de cerca de 75 para 45% quando o CAS diminuiu de 100 para 50% do máximo CAS referido, demonstrando que P. phaseoloides sofreu menor redução no CRA que plantas de soja submetidas a mesmo decréscimo na disponibilidade de água no solo nas condições consideradas.

A diminuição da condutividade para a água pelas plantas, particularmente em raízes de plantas severamente estressadas (IKE e

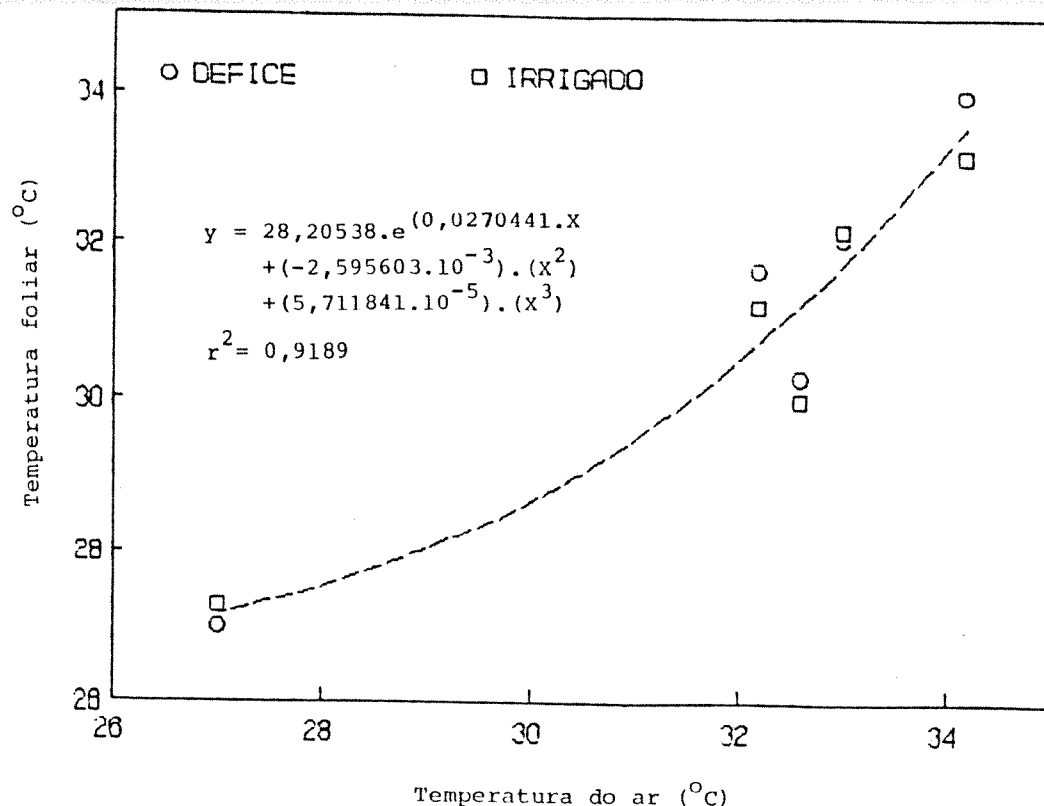


Figura 33 - Variação na temperatura foliar, medida com o porômetro, em função da variação na temperatura do ar no interior da casa de vegetação. (Coeficiente de variação para $T_f \leq 0,0370$ (○) ou $\leq 0,0366$ (□)).

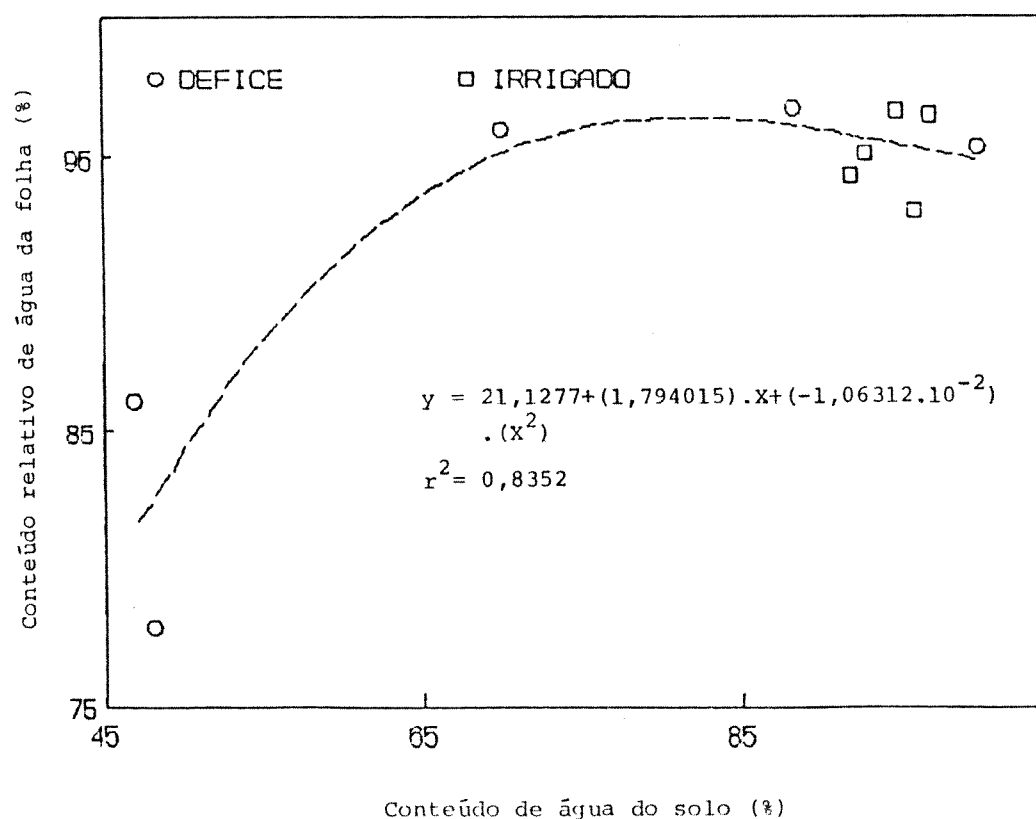


Figura 34 - Alteração no conteúdo relativo de água da folha em função do conteúdo de água do solo, expresso como percentual do máximo conteúdo de água do solo verificado neste experimento. (Coeficiente de variação para $CRA \leq 0,0883$ (○) ou $\leq 0,0172$ (□)).

THURTELL, 1981) tem sido associada ao aumento na tensão desenvolvida nas colunas de água do xilema em resposta à diminuição na disponibilidade de água do solo, provocando a inativação parcial dos vasos de condução que limitaria o suprimento de água para a parte aérea da planta (HSIAO, 1973 & BOYER, 1985), necessário para compensar a perda de água através das folhas.

3.3.3. Resistência foliar à difusão de vapor de água e conteúdo de água do solo.

A figura 35. mostra a relação observada entre R_f e o CAS. A queda no CAS de 100 para 47% do CAS máximo observado neste experimento mostrou como consequência o aumento na R_f de 1,5 para 3,4 $s.cm^{-1}$ de acordo com a equação de regressão ajustada aos dados.

Através das figuras 34 e 44, pode-se notar que o CRA e o CAS e R_f e CRA estão intimamente e inversamente relacionados. Sendo R_f fundamentalmente influenciado pelo CRA em condições de concentração ambiente de CO_2 no ar, alta St e ausência de extremos de temperatura, pode-se esperar que o efeito do CAS sobre R_f tenha sido indireto, via CRA. Quando a disponibilidade de água no solo diminui, o gradiente de potencial da água no sistema solo-planta-atmosfera não é capaz de produzir um fluxo de água através das resistências do solo e da planta igual ao fluxo de vapor de água saindo da folha (ZUR et al., 1982), provocando quedas no CRA até que se restabeleça o equilíbrio do balanço hídrico (RITCHIE, 1974). Esta queda no CRA provoca aumento na R_f em virtude da incapacidade das células-guarda manterem seu potencial de pressão suficientemente positivo para manter R_f próxima do seu valor mínimo.

Quando a disponibilidade de água no solo permite que o balanço hídrico se mantenha equilibrado, não se observam alterações

prolongadas no CRA e com isto, estabelecem-se condições para que R_f seja baixa.

O fechamento dos estômatos em resposta à queda na disponibilidade de água evita que o grau de hidratação do tecido caia a níveis críticos (MOGENSEN, 1980).

3.4. Aspectos fisiológicos

3.4.1. Conteúdo relativo de água da folha em função do número de dias após o início do experimento.

Através da figura 36., pode-se observar que durante o período experimental, o CRA das plantas-controle oscilou entre 93 e 97%, aproximadamente, enquanto que o CRA das plantas submetidas ao déficit hídrico induzido oscilou entre 78 e 97%.

A partir do 5º dia após o início do experimento observou-se queda acentuada no CRA das plantas sob déficit hídrico, atingindo seu valor mínimo no dia em que realizou-se a re-irrigação. Entre o 5º e o 9º dia, observou-se a redução no CAS dos vasos mantidos sem irrigação de 70 para 48% do máximo CAS observado neste experimento.

Após a re-irrigação, o CAS dos vasos com irrigação suspensa desde o início do experimento elevou-se de 48 para 88% do conteúdo máximo observado, enquanto que o CRA elevou-se de 78 para cerca de 97%.

3.4.2. Resistência foliar à difusão de vapor de água em função do número de dias após o início do experimento.

A figura 37. apresenta a relação entre R_f das plantas mantidas sob irrigação e de plantas submetidas a déficit hídrico induzido pela suspensão da irrigação e o número de dias após o início do experimento.

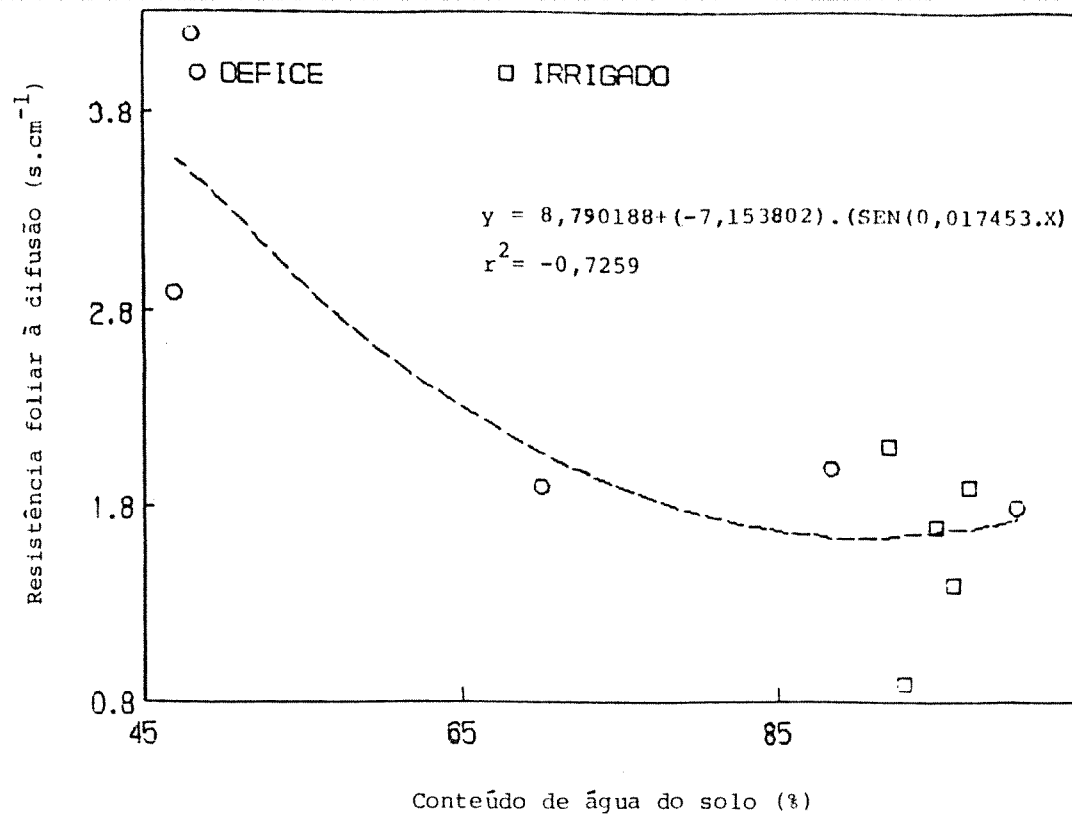


Figura 35 - Alteração na resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função do conteúdo de água do solo, expresso como percentual do máximo conteúdo de água do solo verificado neste experimento. (Coeficiente de variação para $R_f \leq 0,8667$ (○) ou $\leq 0,2632$ (□)).

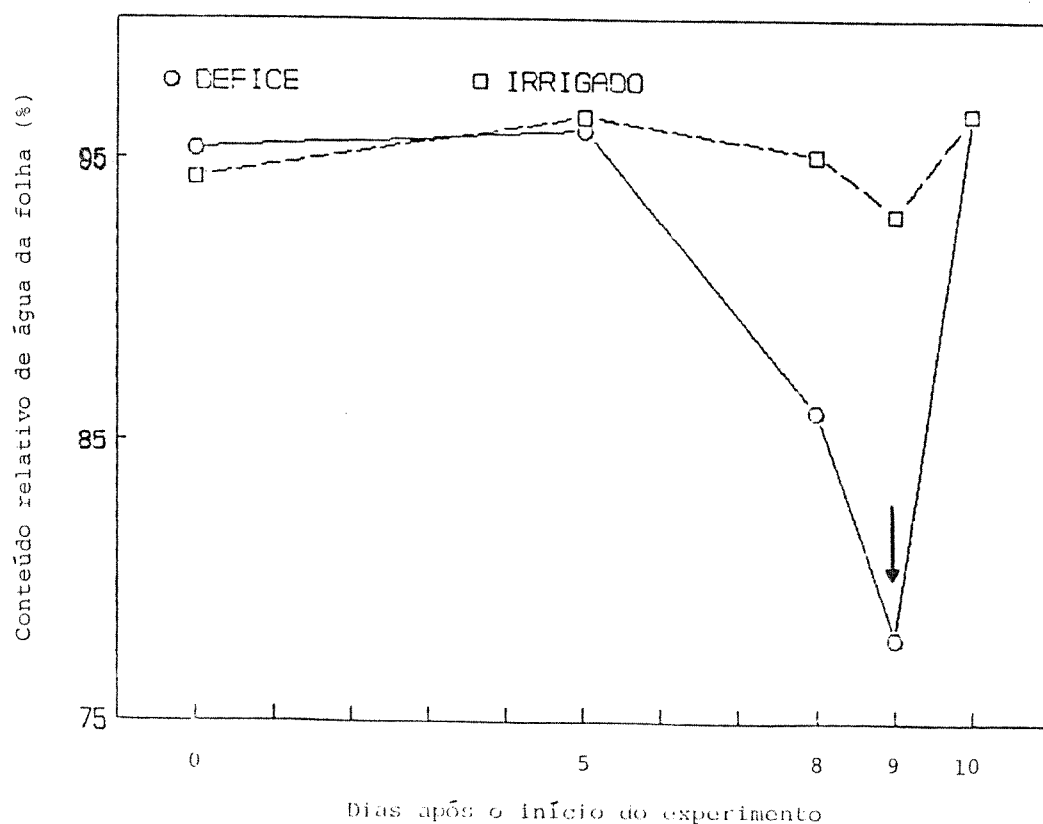


Figura 36 - Conteúdo relativo de água da folha em função do número de dias após a suspensão da irrigação. A seta indica o dia da re-irrigação. (Coeficiente de variação para $CRA \leq 0,0883$ (○) ou $\leq 0,0172$ (□)).

Entre o início e o 9º dia após o início do experimento, observou-se a tendência geral de aumento da Rf das plantas mantidas sob déficit hídrico induzido, enquanto que no caso das plantas mantidas sob irrigação observou-se tendência de estabilidade ou ligeiro declínio nos valores de Rf. O aumento de Rf tem sido considerado o mecanismo predominante na redução da perda de água por plantas mesófitas submetidas ao estresse hídrico (HSIAO, 1973; HENSON et al., 1982 & FITTER e HAY, 1983) ao possibilitar a manutenção do potencial da água das folhas acima de níveis críticos (DENMEAD e MILLAR, 1976), evitando o dessecamento (McCREE e RICHARDSON, 1987), constituindo-se, assim, em um mecanismo de escape à seca (MOONEY e DUNN, 1970).

No 9º dia após o início do experimento, a Rf de plantas submetidas ao déficit hídrico atingiu $4,2 \text{ s.cm}^{-1}$, quando a Rf das plantas-controle se mantinha em $1,4 \text{ s.cm}^{-1}$. Valores de Rf em torno de 10 s.cm^{-1} têm sido associados a plantas sofrendo estresse hídrico se vero (RITCHIE, 1974).

Após a re-irrigação, a Rf das plantas submetidas a déficit hídrico caiu para $2,0 \text{ s.cm}^{-1}$, enquanto que a Rf das plantas-controle se manteve em $1,7 \text{ s.cm}^{-1}$. A pequena diferença de $0,3 \text{ s.cm}^{-1}$ observada entre os dois grupos de plantas pode indicar um pequeno efeito re residual do déficit hídrico sobre o comportamento estomático. A completa recuperação da abertura estomática de plantas submetidas a déficit hídrico não ocorre com a mesma rapidez observada com relação à turgi dez, não tendo sido verificada até que se passem de um a cinco dias após a re-irrigação (GLOVER, 1959; KAUFMANN e LEVY, 1976; SIONIT e KRAMER, 1976; ADAMS et al., 1978; KHANNA-CHOPRA et al., 1980 & IKE e THURTELL, 1981) a depender da severidade do estresse (GLOVER, 1959). PALLAS e colaboradores (1967), trabalhando com plantas de algodão em condições controladas, observaram a ausência de recuperação completa

da transpiração e abertura estomática seis dias após a re-irrigação, mencionando em seguida que este comportamento sugeriria a ocorrência de danificação no sistema radicular pelo menos parcialmente de natureza protoplasmática. Os resultados de ACKERSON e colaboradores (1977 a.) vêm confirmar os resultados obtidos por PALLAS et al. (1967), onde plantas de algodão submetidas a estresse hídrico provocado pela suspensão da irrigação têm apresentado redução na taxa de transpiração e inibição da recuperação total desta taxa após a re-irrigação.

Ao comparar plantas que mantêm a abertura estomática através de ajustamento osmótico quando submetidas a déficit hídrico, com plantas que fecham seus estômatos sob déficit hídrico, MCCREE e RICHARDSON (1987) concluíram que a manutenção da abertura estomática não necessariamente resulta em maior ganho de carbono devido ao rápido esgotamento da reserva de água disponível no solo.

3.4.3. Atividade de NR em função do número de dias após o início do experimento.

Como pode-se observar na figura 38., entre o início e o 8º dia do experimento, a atividade de NR das plantas-controle oscilou entre 5,1 e 5,4 μ moles $\text{NO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{pf} \cdot \text{h}^{-1}$. No 9º e 10º dia observou-se aumento acentuado nos valores de atividade de NR, acompanhando o aumento na radiação solar global de 380 para 620 $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$.

Para as plantas submetidas ao déficit hídrico induzido, entre o 5º e 8º dia após o início do experimento, observou-se queda de cerca de 50% na atividade de NR. No 9º e 10º dia, à exemplo do ocorrido para plantas-controle, observou-se aumento significativo na atividade de NR, possivelmente em resposta ao acúmulo de nitrato observado em folhas de diferentes plantas submetidas previamente a baixos níveis de radiação luminosa (WALLACE e PATE, 1965; HALLMARK e HUFFAKER,

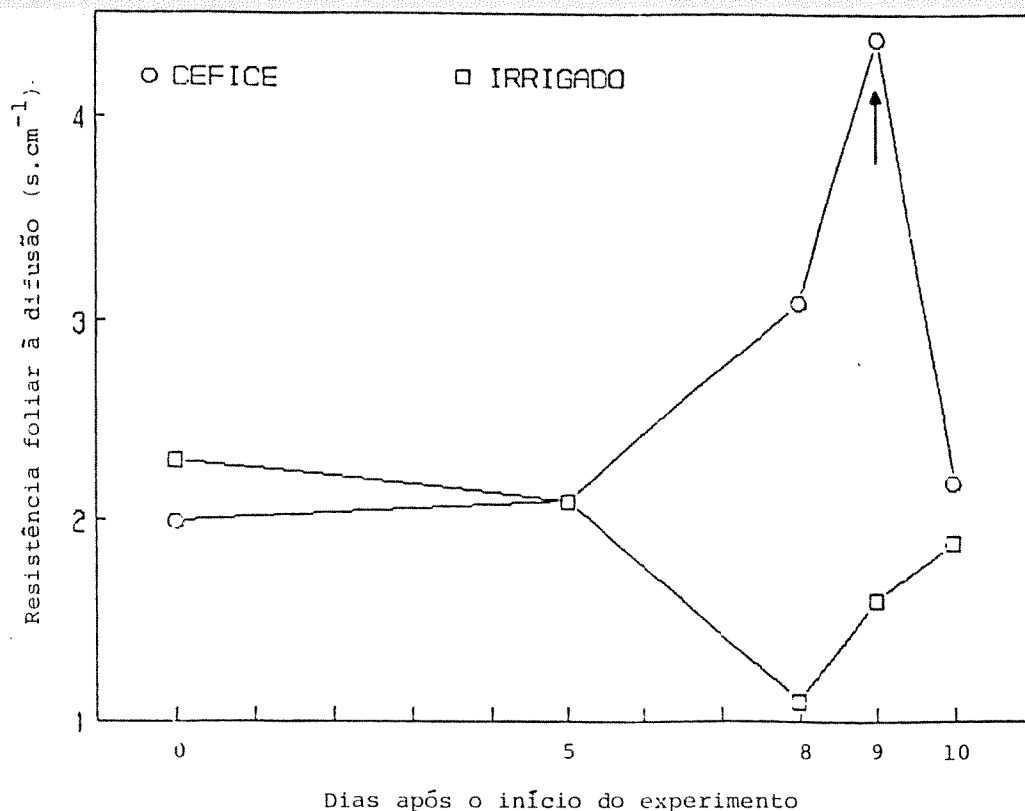


Figura 37 - Resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função do número de dias após a suspensão da irrigação. A seta indica o dia da re-irrigação. (Coeficiente de variação para $R_f \leq 0,8667$ (○) ou $\leq 0,2277$ (□)).

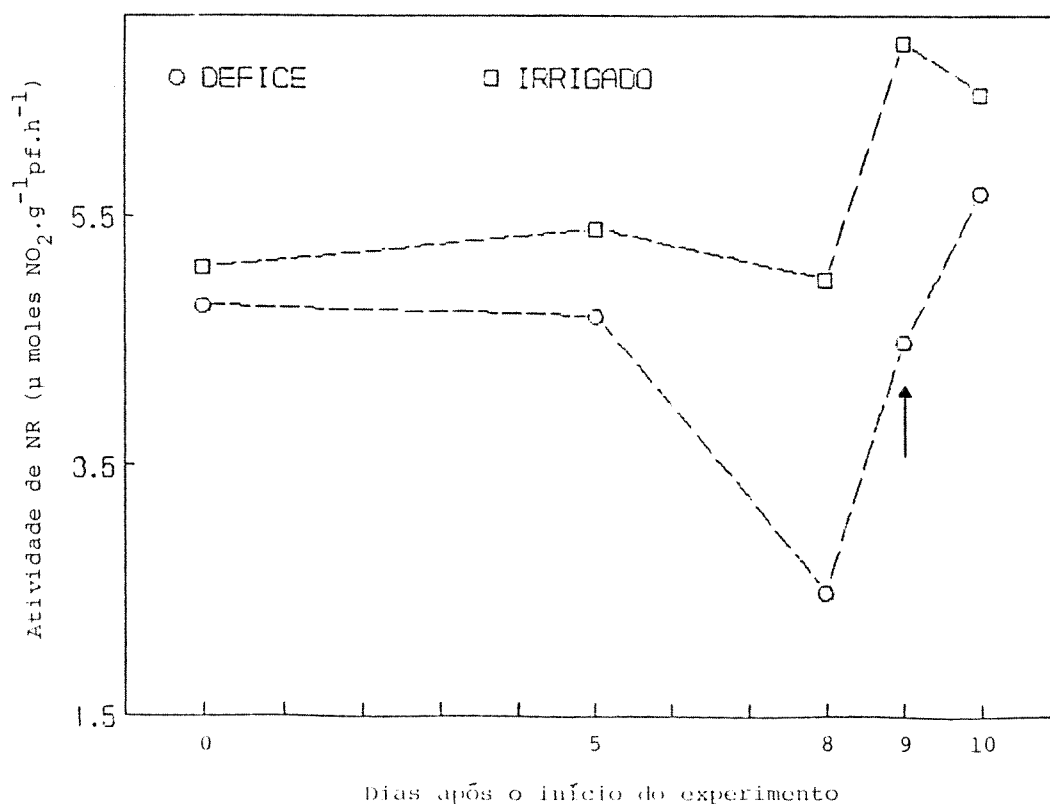


Figura 38 - Atividade da redutase de nitrato em função do número de dias após a suspensão da irrigação. A seta indica o dia da re-irrigação. (Coeficiente de variação para NR $\leq 0,3111$ (○) ou $\leq 0,3768$ (□)).

1978 & DeJONG e DOYLE, 1985), sendo neste caso, o aumento da radiação luminosa da ordem de $300 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, como pode ser observado através da figura 29.

O comportamento da atividade de NR das plantas sob déficit hídrico indica que o efeito promotor do aumento da intensidade de radiação luminosa sobre a atividade de NR superou o efeito inibitório da queda na disponibilidade de água sobre a atividade da enzima.

3.4.4. Atividade de NR em função do conteúdo relativo de água da folha

A atividade de NR mostrou-se diretamente relacionada ao CRA. Redução no CRA de cerca de 97 para 86% provocou redução na atividade de NR de 5,7 para $2,5 \mu \text{ moles NO}_2.\text{g}^{-1}.\text{pf.h}^{-1}$, de acordo com a equação de regressão ajustada aos pontos apresentados na figura 39.

Redução na atividade de NR em resposta à diminuição na disponibilidade de água na planta tem sido observada em diferentes espécies à exemplo do milho (MATTAS e PAULI, 1965), soja (MANAM *et al.*, 1977), arroz (SAIRAM e DUBE, 1984) e da cana-de-açúcar (OLIVEIRA, 1986). Esta redução tem sido associada ao desequilíbrio entre as taxas de síntese e degradação e ativação e inativação da enzima em caso de déficit hídrico prolongado e pela inativação da enzima em caso de déficit hídrico severo rapidamente induzido (MANAM *et al.*, 1977).

3.4.5. Atividade de NR e resistência foliar à difusão de vapor de água

De modo semelhante ao observado no experimento de campo, obteve-se valor negativo para o coeficiente de correlação determinado pela curva de regressão ajustada aos dados apresentados na figura 40.

O aumento de R_f de 1,4 para $2,9 \text{ s.cm}^{-1}$, provocou queda de ati

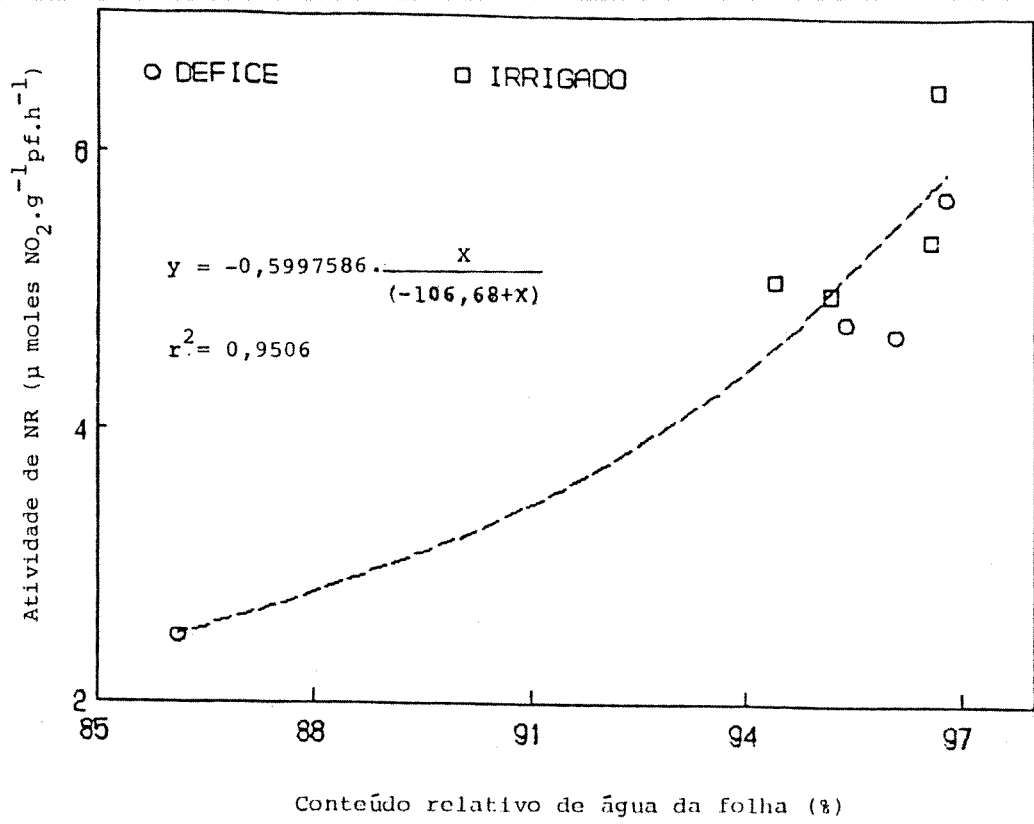


Figura 39 - Alteração na atividade da redutase de nitrato em função do conteúdo relativo de água da folha, quando não se verificou diferença acentuada na radiação solar global entre o dia da amostragem e o dia anterior (Coeficiente de variação para $\text{NR} \leq 0,3111$ (○) ou $\leq 0,3768$ (□) e para $\text{CRA} \leq 0,0883$ (○) ou $\leq 0,0172$ (□)).

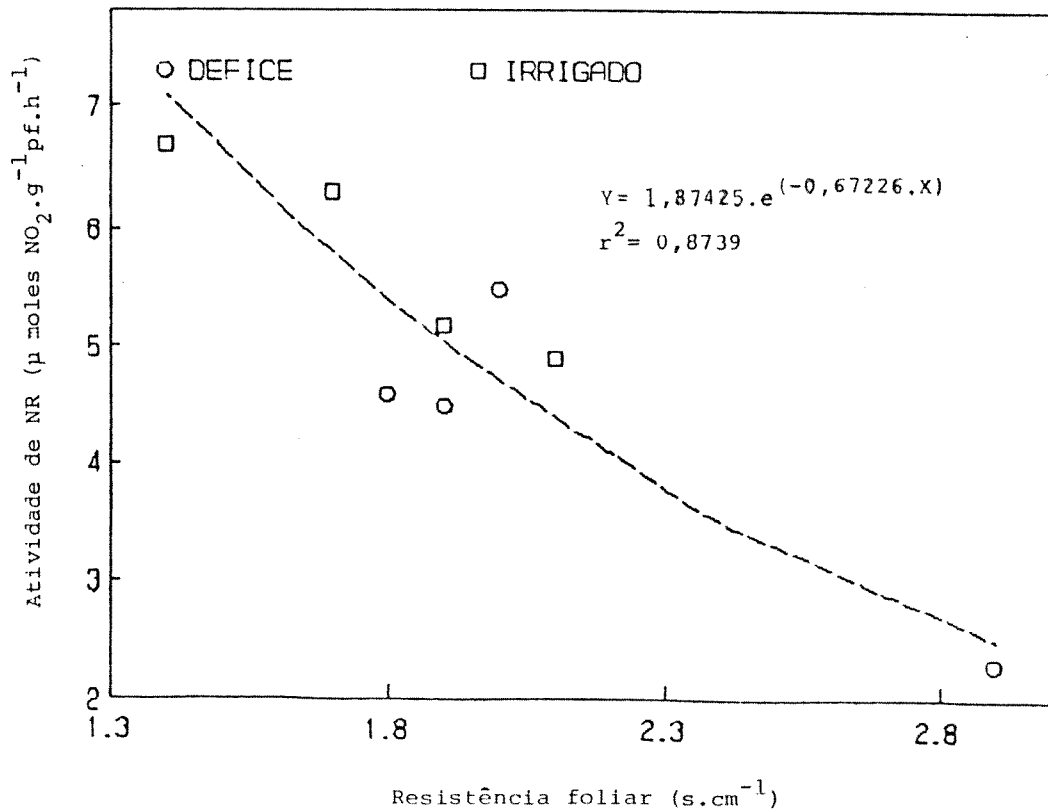


Figura 40 - Alteração na atividade da redutase de nitrato em função da resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar, quando não se verificou diferença acentuada na radiação solar global entre o dia da amostragem e o dia anterior. (Coeficiente de variação para $\text{NR} \leq 0,3111$ (○) ou $0,3768$ (□) e para $\text{Rf} \leq 0,8667$ (○) ou $\leq 0,2277$ (□)).

vidade de NR de 7,3 para 2,7 μ moles $\text{NO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{pf} \cdot \text{h}^{-1}$, de acordo com a equação de regressão.

O aumento em Rf provocando diminuição na perda de água pelas folhas e conseqüentemente queda no fluxo transpiratório pode ter sido suficiente para limitar o suprimento de nitrato para a redutase de nitrato (WALLACE e PATE, 1965), principalmente se é alta a concentração de nitrato no solo (KREJSA et al., 1987). Sendo esta enzima altamente induzida pelo substrato, quedas na disponibilidade de nitrato devem provocar, em resposta, diminuição na atividade da enzima. O fluxo contínuo de NO_3 via xilema tem se mostrado necessário para manter elevado o nível de atividade de NR, uma vez que o efluxo de nitrato armazenado nos vacúolos não tem se mostrado suficiente para manter alta a atividade de NR (HEWITT, 1975; MAGALHÃES et al., 1976; BEEVERS e HAGEMAN, 1980 & SMIRNOFF e STEWART, 1985).

O aumento de Rf de 1,4 para 2,9 $\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ associado à queda no CRA de 95 para 78% pode ter provocado a queda na atividade da enzima em consequência do efeito combinado da redução no suprimento de nitrato e do nível de hidratação celular.

3.4.6. Conteúdo relativo de água da folha e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar.

O CRA apresentou correlação linear negativa quando plotado contra o DPV.

O CRA oscilou entre 93 e 97%, quando o CAS era maior ou igual a 25% (m/m), enquanto o DPV permaneceu entre 6,9 e 19,3 mm Hg.

Como se pode ver pela figura 41., o DPV teve influência sobre o CRA no experimento em casa de vegetação, ao contrário do que se observou no experimento de campo. Estes resultados indicam que P. phaseoloides foi menos eficiente na manutenção de seu balanço hí-

drico em equilíbrio diante de alterações na demanda evaporativa observada entre a folha e o ar quando comparada à P. lobata. Tal diferença de comportamento pode ser atribuída a diferenças genéticas intra-genéricas, nas quais plantas de espécies ou mesmo variedades diferentes dentro de um mesmo gênero apresentam relações hídricas bem distintas (ROCHA-NETO et al., 1983; AGGARWAL e SINHA, 1984; MACHADO e FURLANI, 1985; LORENS et al., 1987 & PORTO, 1987 a.), condições de cultivo (HSIAO, 1971; JORDAN e RITCHIE, 1971; TURNER, 1974; ACKERSON et al., 1977 a. e b. & TURNER e BEGG, 1981) e idade das plantas (GOMES-FILHO, 1986).

3.4.7. Diferença entre a temperatura foliar de plantas sob déficit hídrico induzido e plantas-controle no momento das amostragens.

A figura 42. apresenta a diferença entre a temperatura foliar de plantas sob déficit hídrico induzido e plantas-controle (ΔT_{fi}), medida com o termômetro de radiação. ΔT_{fi} apresentou correlação positiva quando plotada contra o número de dias após a suspensão da irrigação. Após a re-irrigação, observou-se queda acentuada em ΔT_{fi} .

O aumento observado em ΔT_{fi} de 0,1 para 2,2 demonstra claramente o efeito da suspensão da irrigação provocando desequilíbrio no balanço hídrico das plantas e em consequência diminuição do fluxo evapo-transpiratório (JUNG e SCOTT, 1980; TURNER e BEGG, 1981; HASHIMOTO et al., 1984 & HATFIELD et al., 1987). Após a re-irrigação, novamente se restabelece o equilíbrio entre o ganho e a perda de água pela planta, possibilitando que a temperatura foliar das plantas submetidas ao déficit hídrico induzido se iguale à temperatura foliar das plantas-controle.

Ao analisar-se o aumento em ΔT_{fi} em termos absolutos, pode-se considerar que o déficit hídrico induzido não foi suficiente para provocar estresse hídrico severo, uma vez que plantas de Phaseolus

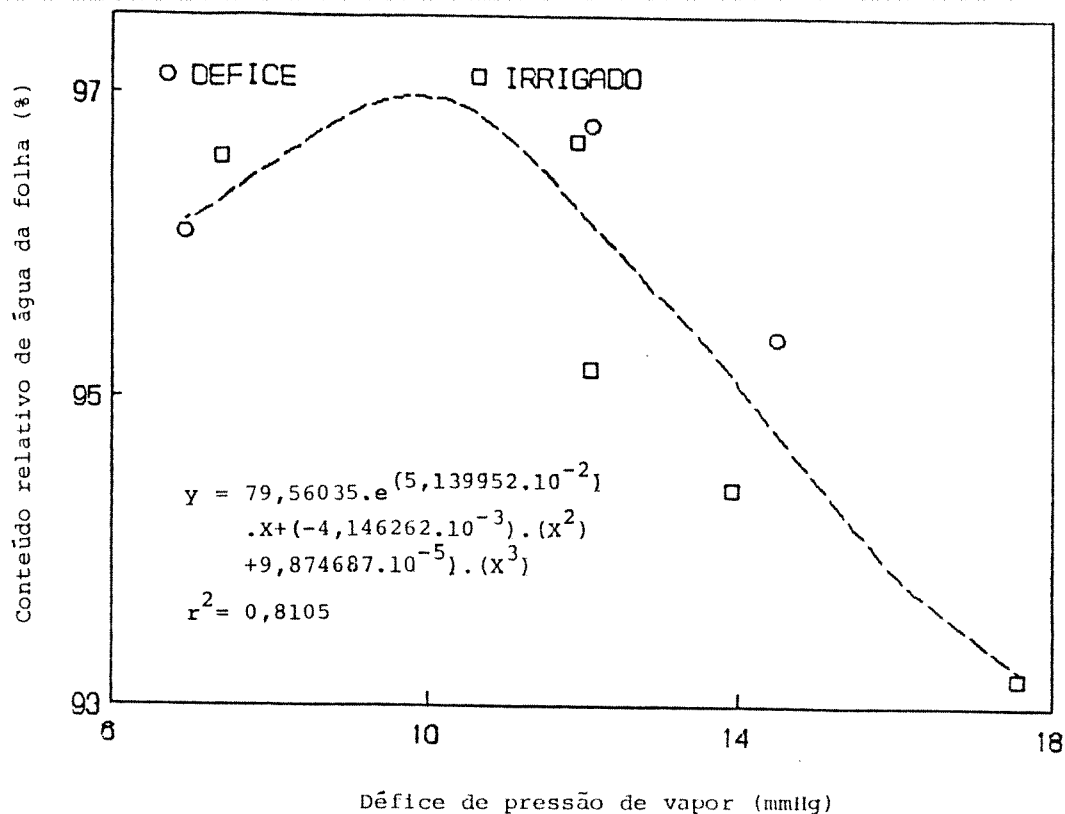


Figura 41 - Variação no conteúdo relativo de água da folha em função da variação no déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar, quando o conteúdo de água do solo foi maior ou igual a 70% do máximo conteúdo de água do solo verificado neste experimento. (Coeficiente de variação para $CRA \leq 0,0883$ (○) ou $\leq 0,0172$ (□)).

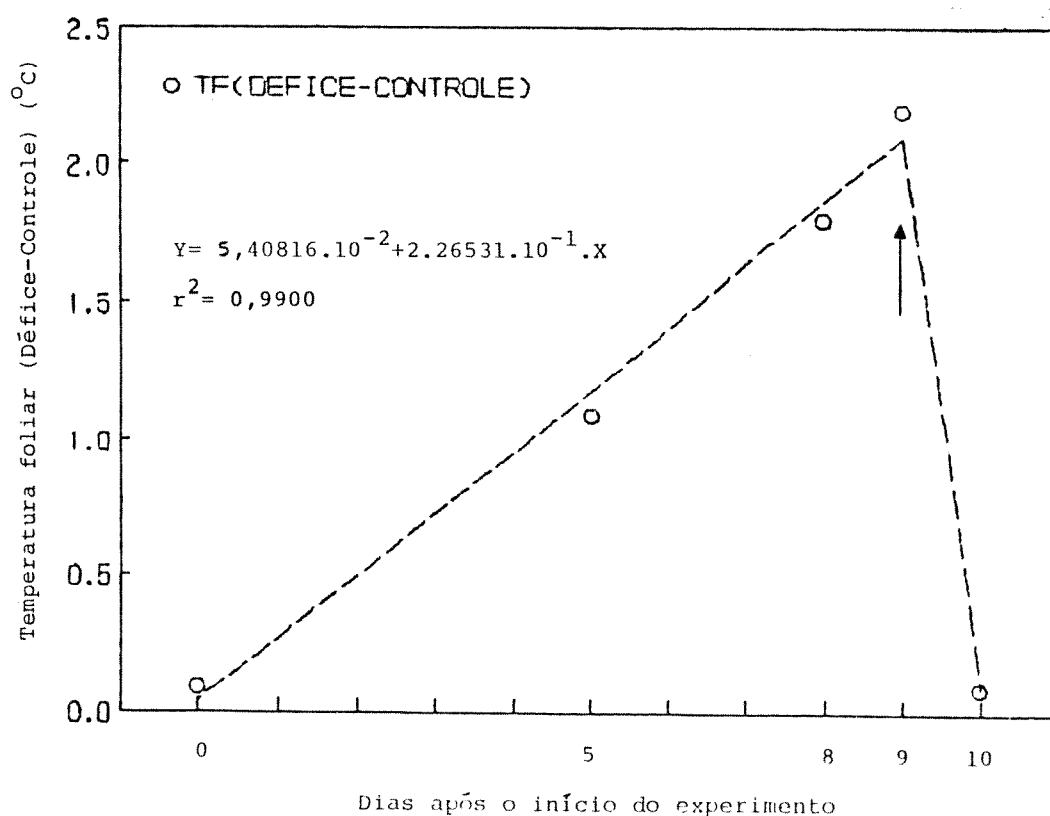


Figura 42 - Diferença entre a temperatura foliar de plantas sob déficit hídrico e irrigadas, medida com o termômetro de radiação, em função do número de dias após a suspensão da irrigação. A seta indica o dia da re-irrigação.

vulgaris L. e Helianthus annuus L. submetidas a déficit hídrico induzido em casa de vegetação apresentaram temperatura do dossel, medida através de termometria de infra-vermelho, até 4,1 (LIMA-FILHO, 1983) e 5°C (HASHIMOTO et al., 1984), respectivamente, mais alta que a temperatura das plantas mantidas sob irrigação. Para plantas de Glycine max L. e Phaseolus vulgaris L. crescidas à campo esta diferença pode atingir 5,5°C (JUNG e SCOTT, 1980) ou aproximadamente 10°C quando a temperatura máxima do ar é de 36°C (COX e JOLLIFF, 1987) e 3°C (WALKER e HATFIELD, 1979) respectivamente, enquanto que em Helianthus annuus L. plantas submetidas ao déficit hídrico apresentavam T_f média em torno de 2°C, não excedendo a temperatura do ar (COX e JOLLIFF, 1987).

Trabalhando com plantas de algodão, HATFIELD e colaboradores (1987), observaram que linhagens selecionadas para temperatura da cobertura foliar mais alta apresentavam maior produção de biomassa quando crescidas sob condições de baixa disponibilidade de água no solo, concluindo que a redução da transpiração, diminuindo a taxa de absorção de água do solo, seria benéfica para o aumento da produção de biomassa em decorrência do aumento do período de disponibilidade de água no solo para a planta.

3.4.8. Resistência foliar à difusão de vapor de água e déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar.

A figura 43. apresenta a relação entre R_f e DPV. DPV variando entre 7 e 12 mmHg não pareceu ter influenciado significativamente R_f , entretanto, o aumento no DPV de 12 para 18 mmHg provocou queda em R_f de 1,8 para 1,5 $s.cm^{-1}$, perfazendo assim uma diferença em termos absolutos de 0,3 $s.cm^{-1}$.

Os resultados observados indicam que R_f de P. phaseoloides é muito pouco influenciada pelo DPV, ao contrário do que é observado para maçã (THORPE et al., 1980 & WARRIT et al., 1980), Citrus jambhiri (KAUFMANN e LEVY, 1976), feijão (HALL e HOFFMAN, 1976), girassol (HALL e HOFFMAN, 1976 & MOTT e O'LEARY, 1984), algodão (IDSO et al., 1987) e diversas plantas de deserto (SCHULZE et al., 1972) e ornamentais (LANGE et al., 1971), onde o aumento no DPV provoca aumento conside

rável em Rf.

FITTER e HAY (1983) consideram que a resposta dos estômatos ao gradiente de umidade antes que ocorra queda no potencial da água da folha constitui uma primeira linha de defesa contra o déficit hídrico.

De acordo com TURNER e BEGG (1981), plantas submetidas a condições onde a diminuição na disponibilidade de água no solo e grandes aumentos no DPV ocorram com frequência deveriam apresentar resposta de estômatos somente sob grandes alterações na disponibilidade de água no solo e no DPV.

SHERIFF e KAYE (1977) trabalhando com duas espécies de leguminosas encontradas em regiões semi-áridas crescendo em casa de vegetação sugeriram que a queda na condutância foliar observada em Macroptilium atropurpureum em resposta ao aumento na diferença de concentração de vapor de água entre a folha e o ar seria provocada pelo fechamento hidroativo dos estômatos devido à redução no potencial da água, caracterizando M. atropurpureum como uma espécie que evita a seca ao prevenir o rápido uso da água armazenada no solo. A ausência de alterações significativas na condutância foliar de Desmodium uncinatum, também observada em P. phaseoloides, submetidas às mesmas condições de M. atropurpureum estaria associada à necessidade da existência de altas taxas de evaporação das paredes internas das células do aparato estomático combinadas à condutância relativamente baixa das epidermes para produzir o fechamento estomático.

3.4.9. Resistência foliar à difusão de vapor de água e conteúdo relativo de água da folha.

Pela figura 44. pode-se observar que quedas no CRA em torno de 20% provocaram aumento em mais de três vezes em Rf. Quedas da mesma ordem de grandeza para CRA provocaram aumento em Rf de cerca de 3 para 8 s.cm⁻¹ em soja, em casa de vegetação (SILVA e RESCK, 1981). Recentemente, estudando as relações hídricas entre plantas

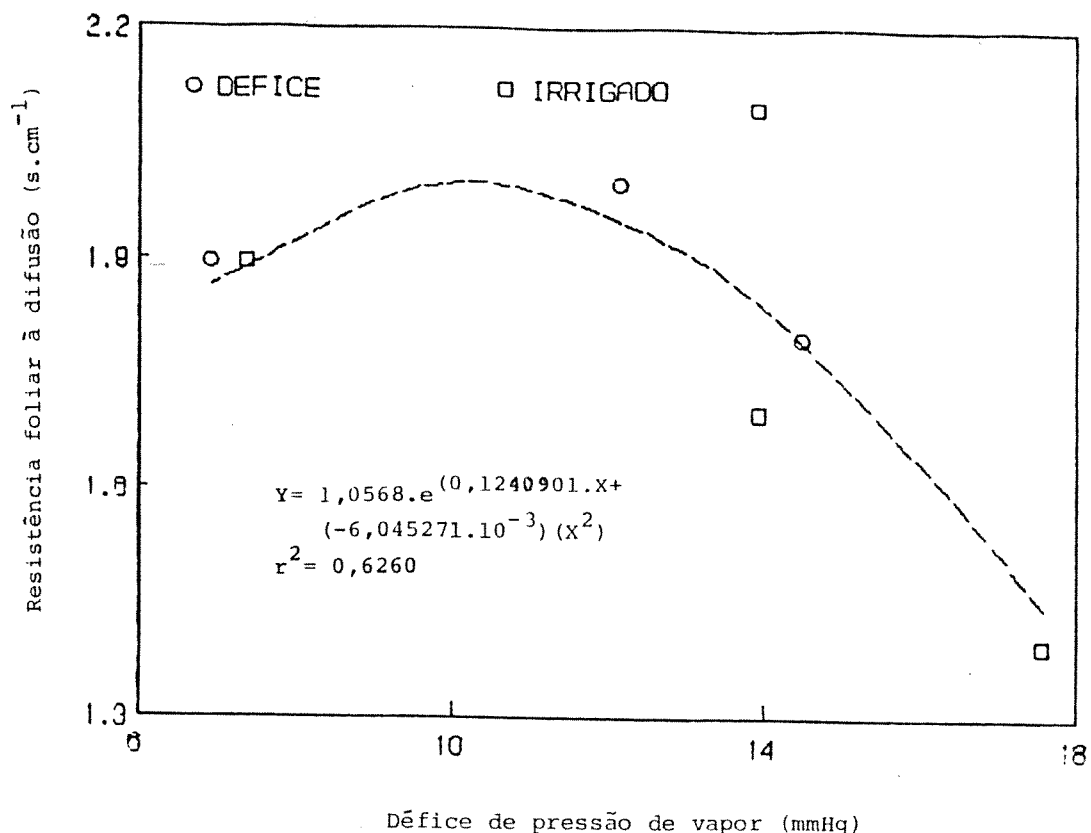


Figura 43 - Relação entre a resistência foliar à difusão de vapor de água e o déficit de pressão de vapor de água entre a folha e o ar, quando o conteúdo relativo de água da folha era maior ou igual a 93,2% e a radiação solar instantânea estável. (Coeficiente de variação para $R_f \leq 0,2277$ (○) ou $\leq 0,2632$ (□)).

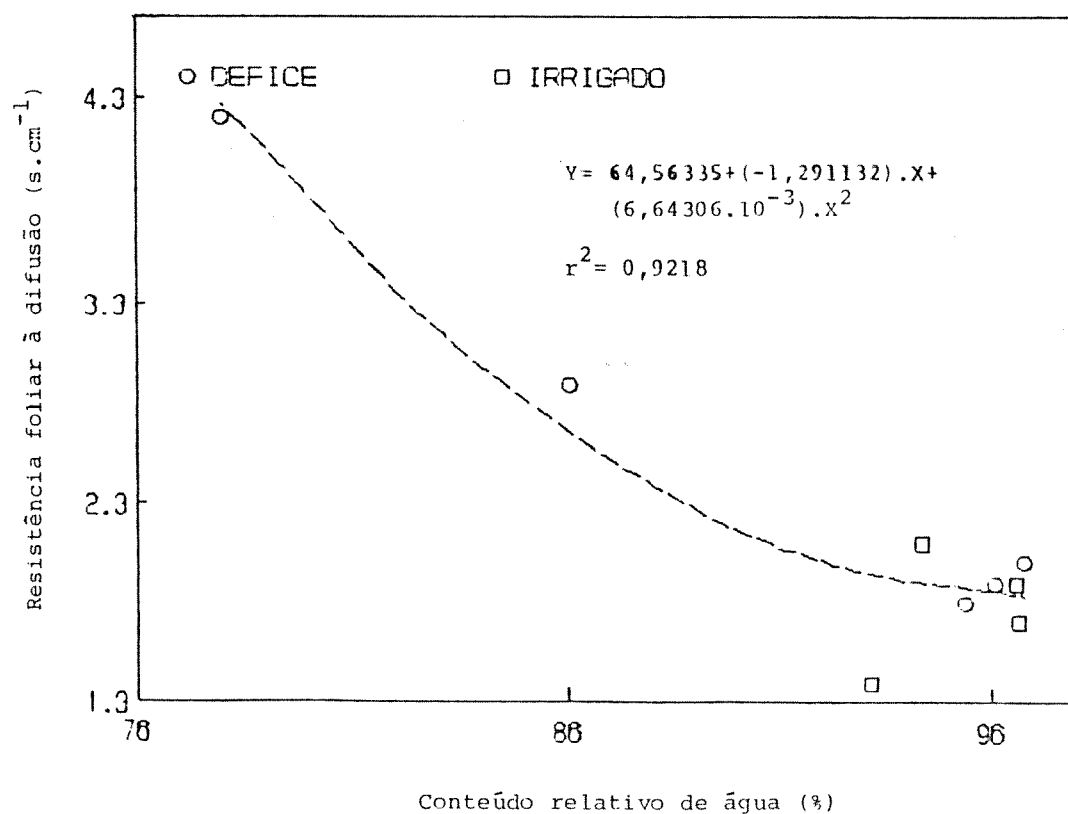


Figura 44 - Alteração na resistência foliar à difusão de vapor de água entre a folha e o ar em função do conteúdo relativo de água da folha, quando a radiação solar instantânea permanecia estável (Coeficiente de variação para $R_f \leq 0,2277$ (○) ou $\leq 0,8667$ (□) e para $CRA \leq 0,0883$ (○) ou $\leq 0,0172$ (□)).

parasitas e hospedeiras, SHAH e colaboradores (1987) observaram que quedas no CRA de 80 para 75% reduziram a zero a condutância estomática ($1/R_f$) na planta hospedeira, enquanto que queda no CRA de 95 para 72% reduziram em menos de 50% a condutância estomática na planta parasita, concluindo mais adiante que as relações hídricas da última pareciam inapropriadas para o crescimento em ambientes tendenciosamente secos e adequados à maximização da aquisição de água e nutrientes da hospedeira, constituindo-se em uma adaptação ao seu hábito parasitário.

Apesar do aumento significativo de R_f , podemos considerar que nos níveis observados, pode ter ocorrido uma queda consideravelmente maior na perda de água quando comparada com a queda na assimilação de CO_2 através dos estômatos (FRANK et al., 1973 & FITTER e HAY, 1983). Em função do efeito da ribulose 1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (RuBP case) na manutenção do gradiente de pressão parcial de CO_2 entre a folha e o ar, aumentos de R_f , podem provocar quedas mais acentuadas na perda de água que no ganho de CO_2 pela folha (MISKIN et al., 1972), indicando que em condições onde se verifica a incapacidade de manutenção da turgescência pela folha, o aumento de R_f age no sentido de diminuir a perda de água, buscando o re-equilíbrio do balanço hídrico, provocando simultaneamente, quedas no ganho de CO_2 de menor magnitude (HALL e KAUFMANN, 1975).

Como pode ser visto através das figuras 39 e 40, a atividade da redutase de nitrato mostrou-se acentuadamente influenciada pelo conteúdo relativo de água da folha e pela resistência foliar à difusão de vapor de água. O efeito acentuado do conteúdo relativo de água da folha verificado no experimento em casa de vegetação, ao contrário do observado no experimento de campo, poderia ser explicado ao notar-se que a redução no conteúdo relativo de água da folha no experimento em casa de vegetação foi maior que a observada no experimento de campo e que as condições de cultivo provocam respostas distintas das plantas às modificações nos fatores ambientais, como discutido anteriormente.

A resistência foliar à difusão de vapor mostrou-se essencialmente relacionada ao conteúdo relativo de água da folha, sendo este último determinado pelo conteúdo de água do solo, como pode-se verificar através das figuras 34, 41 e 44. O efeito do conteúdo relativo de água da folha observado no experimento em casa de vegetação, de maneira distinta do observado no experimento de campo, pode também ser interpretado de acordo com as considerações levantadas com relação ao efeito do conteúdo relativo de água sobre a atividade da redutase de nitrato.

4. ANATOMIA FOLIAR

4.1. Frequência média de estômatos

Para P. phaseoloides, a frequência média de estômatos encontrada para as superfícies abaxial e adaxial foi 213 ± 98 e 101 ± 36 estômatos. mm^{-2} , respectivamente, enquanto que para P. lobata, estas

frequências foram 147^{+19} e 26^{+17} estômatos. mm^{-2} .

A presença de estômatos nas duas superfícies da folha, observada na maior parte das plantas cultivadas, tem sido considerada um mecanismo adaptativo, capaz de maximizar a condutância foliar para o CO_2 em plantas com alta capacidade fotossintética, vivendo em ambientes com alta disponibilidade de radiação luminosa e sem limitação prolongada no suprimento de água ou ambientes onde a competição pela água é muito grande, favorecendo as espécies que utilizam o recurso mais rápida e eficientemente (MOTT et al., 1982).

Para tabaco e soja, crescendo à campo, tem-se verificado frequências de estômatos para as superfícies abaxial e adaxial de 330 e 155 estômatos. mm^{-2} para soja (MANAM et al., 1977) e de 61 a 76 e 24 a 38 estômatos. mm^{-2} para tabaco (TURNER e BEGG, 1973). Ao comparar-se os valores verificados para P. lobata com os valores médios para plantas crescendo em condições similares, soja e tabaco, pode-se considerar que o número de estômatos por unidade de área foliar de P. lobata e tabaco se assemelham, principalmente com relação à epiderme superior, e mantêm-se muito abaixo dos valores da média para soja. P. phaseoloides difere de P. lobata principalmente com relação à epiderme superior, onde P. phaseoloides possui aproximadamente quatro vezes mais estômatos por unidade de área foliar que P. lobata. Pode-se ainda observar, através do desvio-padrão, que a distribuição dos estômatos sobre a superfície foliar não apresentou elevada uniformidade.

A frequência relativamente baixa de estômatos de P. lobata, especialmente em relação à superfície adaxial, poderia indicar maior resistência à perda de água, uma vez que tem-se encontrado correlações negativas entre tolerância à seca e frequência média de estômatos (DOBRENZ et al., 1969 e MISKIN et al., 1972).

Trabalhando com linhagens de milho com suprimento adequado de água, HEICHEL (1971) observou que a variedade com menor frequência de estômatos apresentava maior R_f , maior fotossíntese líquida e transpiração similar quando comparada à variedade com menor frequência de estômatos, demonstrando que provavelmente as dimensões dos estômatos e a resistência à difusão do mesófilo seriam de grande importância na determinação das taxas de fotossíntese líquida e transpiração.

RAWSON e colaboradores (1977) consideraram que a perda de água mais rápida verificada em plantas de cevada quando comparada a plantas de trigo poderia estar associada à maior frequência estomática observada em cevada, sugerindo em seguida que este seria um dos mecanismos pelos quais a cevada poderia crescer mais rapidamente que o milho durante a fase vegetativa. Também trabalhando com cevada, JONES (1977) observou que diferenças significativas na condutância estomática entre linhagens selecionadas para alta e baixa frequência de estômatos só foram encontradas sob disponibilidade limitada de água.

Trabalhando com linhagens de Bromus inermis com diferentes níveis de ploidia, LEA e colaboradores (1977) verificaram pequena correlação entre a abertura estomática total e a frequência ($r = -0,16$) e o comprimento dos estômatos ($r = 0,19$). Todavia, alta correlação foi verificada entre a abertura estomática total e a largura dos estômatos, concluindo que a largura dos estômatos está mais relacionada às funções estomáticas na transpiração e fotossíntese em consequência da sua maior resposta às alterações ambientais.

SHAH e colaboradores (1987) trabalhando com relações hídricas de plantas parasitas e hospedeiras, observaram frequências de estômatos significativamente mais altas na planta parasita quando comparada à planta hospedeira e que as plantas parasitas apresentavam

maiores taxas de transpiração e menor eficiência no uso de água, incluindo em seguida que as relações hídricas apresentadas pela planta parasita favoreciam seu hábito parasitário em detrimento da adaptação a ambientes tendenciosamente secos.

A diferença entre as frequências médias de estômatos observadas entre P. phaseoloides e P. lobata pode estar associada a variações anatômicas intra-genéricas, uma vez que entre populações (MISKIN et al., 1972), variedades (HEICHEL, 1971), linhagens (JONES, 1977) e clones (DOBRENZ et al., 1969) dentro de uma mesma espécie, podem ser encontradas diferenças significativas na frequência de estômatos, acentuadas pelas condições de cultivo (MOTT et al., 1982 & SILVA et al., 1987).

4.2. Espessura média da cutícula

A espessura média da cutícula observada nas superfícies abaxial e adaxial foi de $1,0 \pm 0,3$ e $1,1 \pm 0,3$ μm para P. phaseoloides e $0,9 \pm 0,3$ e $1,0 \pm 0,4$ μm para P. lobata.

Ao comparar-se a espessura da cutícula em torno de 1 μm encontrada nas folhas de P. phaseoloides e P. lobata com a espessura da cutícula de plantas do "cerrado" como Didymopanax macrocarpum (5,7 μm) (FRANCO, 1983), observa-se que as duas espécies de puerária possuem epiderme recoberta por cutícula bastante delgada.

Em plantas de "cerrado", com cutículas espessas, tem-se verificado altos níveis de transpiração cuticular, enquanto que em plantas características de "caatinga", com cutículas delgadas, tem-se verificado pequenas taxas de transpiração cuticular (FERRI, 1961).

Trabalhos relacionando características anatômicas e físico-químicas de cutícula à economia de água tem indicado que a composição química e o padrão de deposição de compostos de natureza hidro-

fôbica da cutícula são fatores mais importantes na redução de transpiração peridermal do que a espessura propriamente dita da cutícula (MORRETES, comunicação pessoal). SHERIFF (1984) ainda observa que a permeabilidade da cutícula pode se alterar com a umidade e temperatura.

4.3. Frequência e comprimento médio de tricomas

A tabela 5. apresenta as frequências e comprimentos médios de tricomas de P. phaseoloides e P. lobata. De modo geral não houve diferenças acentuadas na frequência de tricomas entre os folíolos ou entre as superfícies abaxial ou adaxial da folha, porém P. phaseoloides tendeu a possuir maior frequência de tricomas que P. lobata. Com relação ao comprimento, pode-se observar que a epiderme inferior apresenta tricomas mais longos e com menor dispersão em torno da média, nas duas espécies, quando comparada à epiderme superior e que P. lobata tende a apresentar tricomas de maior comprimento e com maior dispersão em torno da média quando comparada à P. phaseoloides.

A presença de tricomas tem sido considerada como um mecanismo adaptativo característico de ecossistemas onde predominam altos níveis de radiação solar direta e disponibilidade limitada de água em função do aumento na refletividade da folha à radiação luminosa, permitindo seu resfriamento sem perda substancial de água pela transpiração, e do aumento na resistência à difusão de vapor de água da camada limítrofe da folha (FERRI, 1963 & FITTER e HAY, 1983), proporcionando portanto, considerável economia de água (PORTO, 1987 b.).

4.4. Aspectos descritivos da estrutura foliar

Os cortes transversais de folíolos de P. phaseoloides e P. lobata quando observados ao microscópio não apresentaram diferenças

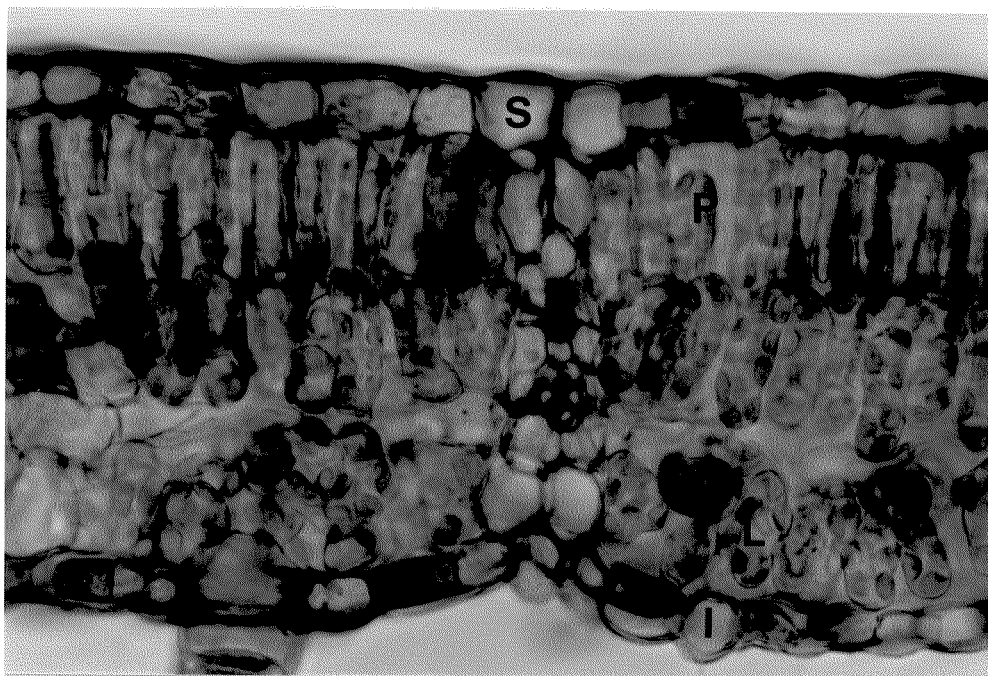
TABELA 5 - Frequências e comprimentos médios de tricomas em P. phaseoloides e P. lobata.

Epiderme	Folículo	Frequência (tricomas.mm ⁻²)		Comprimento (mm)	
		<u>phaseoloides</u>	<u>lobata</u>	<u>phaseoloides</u>	<u>lobata</u>
Inferior	Lateral	8 [±] 1	7 [±] 1	0,44 [±] 0,10	0,49 [±] 0,17
	Terminal	13 [±] 4	8 [±] 1	0,46 [±] 0,10	0,46 [±] 0,19
Superior	Lateral	9 [±] 2	8 [±] 2	0,36 [±] 0,17	0,44 [±] 0,19
	Terminal	9 [±] 2	8 [±] 2	0,30 [±] 0,11	0,41 [±] 0,20

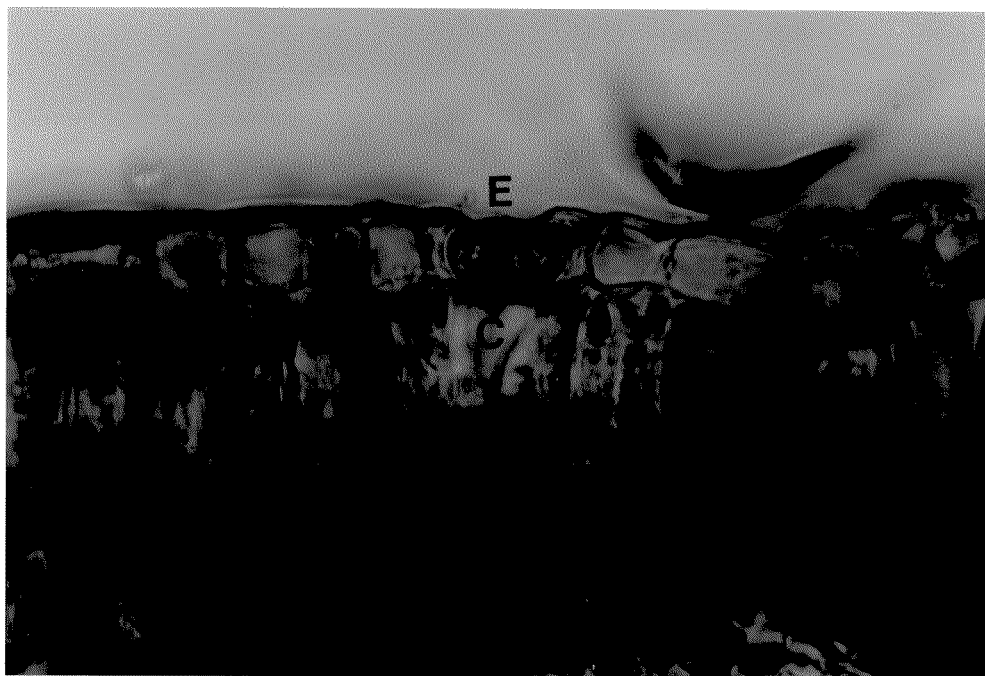
significativas entre si, sendo caracterizados por uma epiderme uni-estratificada nas superfícies abaxial e adaxial e parênquima paliçadico e lacunoso formado por duas camadas de células cada. Os estômatos, presentes nas duas superfícies, situam-se no mesmo plano da epiderme com pequenas câmaras sub-estomáticas. O sistema vascular parece pouco desenvolvido em função do pequeno número de vasos de xilema no feixe condutor nas nervuras secundárias.

O aspecto apresentado pela secção transversal dos folíolos indica que a nível de estrutura foliar, estas espécies poderiam ser consideradas como plantas mesófitas, uma vez que não existem estruturas excretoras ou xeromorfas que pudessem caracterizá-las como plantas tipicamente hidrófitas ou xerófitas.

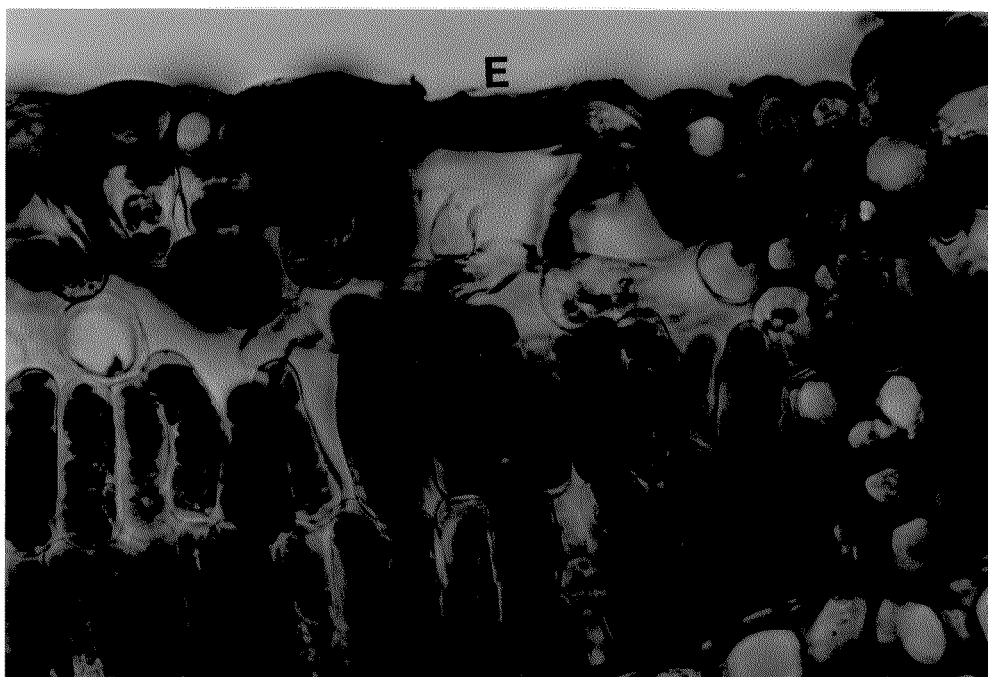
A fotomicrografia 1. apresenta a estrutura da lâmina foliar de P. phaseoloides em corte transversal, onde pode-se observar as epidermes superior e inferior e as duas camadas de células do parênquima paliçadico e lacunoso. A fotomicrografia 2. mostra detalhe do estômato e câmara sub-estomática na epiderme superior de P. phaseoloides em corte transversal. A fotomicrografia 3. mostra detalhe do estômato na epiderme inferior de P. lobata em corte longitudinal.



Fotomicrografia 1 - Estrutura da lâmina foliar de Pueraria phaseoloides em corte fresco transversal, onde se vê: Epiderme superior (S), epiderme inferior (I), parênquima paliçádico (P) e parênquima lacunoso (L). 50X.



Fotomicrografia 2 - Epiderme superior de P. phaseoloides em corte fresco transversal, onde pode-se ver: Detalhe do estômato (E) e câmara sub-estomática (C). 80X.



Fotomicrografia 3 - Epiderme inferior de P. lobata, em corte fresco transversal, onde pode-se ver: Detalhe do estômato em corte longitudinal (E). 80X.

CONCLUSÕES

- A estimativa da atividade da redutase de nitrato das plantas crescendo à campo mostrou-se como um instrumento útil para avaliação do efeito de temperaturas extremas sobre a puerária, principalmente no que diz respeito à assimilação do nitrato, enquanto que nenhum dos aspectos fisiológicos estudados mostrou-se significativamente alterado pela variação na disponibilidade de água no ambiente, sugerindo que nos níveis considerados, outros aspectos necessitam ser avaliados para poder-se estimar o efeito do déficit hídrico sobre as plantas crescendo à campo.

- Desde que se tivesse observado baixa nebulosidade atmosférica, a curva de atividade da redutase de nitrato de plantas crescidas à campo em função da radiação solar global, apresentou basicamente o mesmo aspecto, independente da medida da radiação solar ter sido realizada no momento da amostragem (radiação solar global instantânea) ou representar o somatório da radiação solar incidente sobre o local da amostragem durante todo o dia (radiação solar global diária).

- Alterações microclimáticas, nos níveis observados neste trabalho, provocaram variações mais acentuadas sobre os aspectos fisiológicos estudados nas plantas crescendo em casa de vegetação do que sobre as plantas crescendo à campo, sugerindo que algum tipo de "endurecimento" estaria ocorrendo nas plantas crescendo à campo ou que P. phaseoloides é mais afetada por alterações microclimáticas do que P. lobata.

- O efeito das alterações microclimáticas sobre os aspectos fisiológicos avaliados, principalmente no experimento realizado com plantas crescendo à campo, juntamente com o estudo de anatomia

foliar e os conhecimentos do hábito de crescimento destas plantas, indicaram que as mesmas poderiam ser consideradas como plantas "gastadoras de água" ("water spenders"), ao manter elevado seu nível de hidratação e de consumo de água mesmo sob reduzida disponibilidade de água no solo e alta demanda evapo-transpiratória.

- Os resultados apresentados permitem ainda concluir que a menor disponibilidade de água e os extremos de temperatura naturalmente verificados durante a realização deste trabalho, não constituíram fator limitante para a sobrevivência de plantas de Pueraria spp. Assim, pode-se admitir que desde que reduções na disponibilidade de água e extremos de temperatura similares aos observados neste trabalho não se estendam por tempo prolongado, não deverão ser observadas maiores dificuldades para o estabelecimento destas plantas na região do Planalto Paulista, podendo-se portanto, utilizá-la como cultura intercalar nos seringais em implantação nesta região.

RESUMO

Os efeitos da temperatura e da deficiência hídrica sobre a atividade da redutase de nitrato (E.C.1.6.6.1), in vivo, resistência foliar à difusão de vapor de água, temperatura foliar e conteúdo relativo de água da folha foram avaliados em dois ambientes.

Em casa de vegetação, utilizando-se Pueraria phaseoloides, a deficiência hídrica foi induzida através da suspensão da irrigação e no campo, plantas de Pueraria lobata cresceram sob efeito das flutuações na temperatura do ar e na disponibilidade de água no solo naturalmente verificadas no local. Medidas da densidade do fluxo de radiação solar global instantânea, temperatura e umidade relativa do ar e conteúdo de água do solo foram realizadas e a densidade do fluxo de radiação solar global diária e o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar calculados, visando o monitoramento das condições micro-climáticas nas proximidades das plantas. Foram ainda padronizadas neste trabalho as condições mais adequadas para o ensaio da redutase de nitrato em tecidos foliares.

No experimento conduzido a campo, verificou-se considerável influência da temperatura do ar sobre a assimilação do nitrato, tendo-se observado o pico de atividade da redutase de nitrato entre as temperaturas de 28 e 29°C e quedas acentuadas em temperaturas acima de 33 e abaixo de 23°C. Aumento na resistência foliar à difusão de vapor de cerca de 1,0 para 1,8 s.cm⁻¹ mostrou-se associado ao aumento na temperatura do ar de 21 para 36°C. Aumento na resistência foliar à difusão de vapor de 0,9 para aproximadamente 1,8 s.cm⁻¹ mostrou-se relacionado à queda na disponibilidade de água no solo de 71 para 50% da capacidade de campo, não se verificando efeito considerável da disponibilidade de água no solo sobre o conteúdo relativo de água

da folha e nem por conseguinte sobre a atividade da redutase de nitrato.

No experimento em casa de vegetação, verificou-se progressiva redução no conteúdo de água do solo após a suspensão da irrigação, atingindo um valor mínimo em torno de 17 gramas de água por 100 gramas de peso seco de solo. Acompanhando a diminuição na disponibilidade de água no solo, foi observada redução no conteúdo relativo de água da folha de 96 para 78% e na atividade da redutase de nitrato de 5,0 para 2,5 μ moles $\text{NO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{pf} \cdot \text{h}^{-1}$ e aumento na resistência foliar à difusão de vapor de 1,5 para 3,4 $\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ e na diferença entre a temperatura foliar de plantas sob déficit hídrico e plantas irrigadas de 0,1 para 2,2°C. A recuperação das plantas submetidas ao estresse hídrico foi observada 1 dia após a re-irrigação.

Alterações microclimáticas, nos níveis observados, provocaram variações mais acentuadas sobre os aspectos fisiológicos estudados nas plantas de P. phaseoloides crescendo em casa de vegetação que sobre as plantas de P. lobata crescendo à campo.

Estudos da anatomia foliar foram realizados com o objetivo de obter informações a respeito de sua influência sobre os parâmetros fisio-ecológicos considerados neste trabalho.

ABSTRACT

The effects of air temperature and water deficit on nitrate reductase activity (E.C.1.6.6.1), leaf diffusion resistance, leaf temperature and leaf relative water content were evaluated in two different environmental conditions. In the greenhouse, using Pueraria phaseoloides, the water deficit was induced by suspending the irrigation and in the field, Pueraria lobata plants were naturally submitted to both fluctuating air temperature and soil water availability. Measurements of the instantaneous radiant flux density, air temperature, relative humidity and soil water content were taken. Daily radiant flux density and the leaf-air vapor pressure deficit were calculated for the characterization of the microclimate conditions of the plant surroundings. Furthermore, more appropriated conditions were standardized for nitrate reductase assay in vivo in foliar tissue.

In the field experiments, a considerable influence of air temperature on nitrate assimilation was found; the greatest nitrate reductase activity was observed between 28 and 29°C and a considerable decrease in temperatures above 33 and below 23°C. The increase in leaf diffusion resistance from 1,0 to 1,8 sec.cm⁻¹ was associated to the increase in air temperature from 21 to 36°C. The increase in leaf diffusion resistance from 0,9 to 1,8 sec.cm⁻¹ was related to water depletion of field capacity from 71 to 50%. However, no significant effect of soil water depletion was observed either on leaf relative water content nor on nitrate reductase activity.

In the greenhouse experiment, a progressive reduction in soil water content was verified after suspending the irrigation, reaching a minimum value around 17 grams of water per 100 grams of dry weight soil. Together with the soil water depletion, reductions in leaf relative water content and in nitrate reductase activity were observed, going from 96 to 78% and from 5,0 to 2,5 μ moles $\text{NO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{fw} \cdot \text{h}^{-1}$, respectively. On the other hand, an increase in leaf diffusion resistance from 1,5 to 3,4 $\text{sec} \cdot \text{cm}^{-1}$ was verified, together with an increase in leaf temperature difference between irrigated and non-irrigated plants from 0,1 to 2,2 $^{\circ}\text{C}$. The recovery of stressed plants was verified one day after the re-irrigation.

Microclimatic changes, in the observed levels, induced more significant responses on the physiological aspects of P. phaseoloides plants growing in greenhouse environment than P. lobata plants growing in the field.

Leaf anatomy studies of the two species were also done to obtain information about its relationship with the physiological aspects observed in this work.

LITERATURA CITADA

- ACKERSON, R.C. & KRIEG, D.R. 1977. Stomatal and nonstomatal regulation of water use in cotton, corn and sorghum. Plant Physiol., 60:850-853.
- ACKERSON, R.C.; KRIEG, D.R.; MILLER, T.D. & ZARTMAN, R.E. 1977.
a. Water relations of field grown cotton and sorghum: temporal and diurnal changes in leaf water, osmotic and turgor potentials. Crop Sci., 17:76-80.
- ACKERSON, R.C.; KRIEG, D.R.; HARING, C.L. & CHANG, N. 1977.
b. Effects of plant water status on stomatal activity, photosynthesis and nitrate reductase activity of field grown cotton. Crop Sci., 17:81-84.
- ADAMS, J.A.; BINGHAM, F.T.; KAUFMANN, M.R.; HOFFMAN, G.J. & YERMANOS, D.M. 1978. Responses of stomata and water, osmotic and turgor potentials of jojoba to water and salt stress. Agron.j., 70:381-387.
- AGGARWAL, P.K. & SINHA, S.K. 1984. Differences in water relations and physiological characteristics in leaves of wheat associated with leaf position on the plant. Plant Physiol., 74:1041-1045.
- ALCÂNTARA, P.B. & BUFFARAH, G. 1951. Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas. Nobel, São Paulo. p.102-103 e 145-146.
- ANSARI, A.Q. & LOOMIS, W.E. 1959. Leaf temperatures. Am. J. Bot., 46:713-717.

- BEEVERS, L. & HAGEMAN, R.H. 1969. Nitrate reduction in higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol., 20:495-522.
- BEEVERS, L. & HAGEMAN, R.H. 1980. Nitrate and nitrite reduction. In: B.J. Mifflin (ed.). The biochemistry of plants, vol.5. Academic Press, New York. pp.115-168.
- BENNETT, J.M.; SINCLAIR, T.R.; MUCHOW, R.C. & COSTELLO, S.R. 1987. Dependence of stomatal conductance of leaf water potential, turgor potential and relative water content in field-grown soybean and maize. Crop Sci., 27: 984-990.
- BENZIONI, A. & HEIMER, Y.M. 1977. Temperature effect on nitrate reductase activity in vivo. Plant Sci. Lett., 9:225-231.
- BOGDAN, A.V. 1977. Tropical pasture and fodder plants:grasses and legumes. Longman, London. 475p.
- BOTTON, H. 1957. Les plants de couverture:guide pratique de reconnaissance et d'utilisation des légumineuses en côte d'Ivoire. J. D'Agric. Trop. Bot. App. Tomes IV (1957) et V (1958).
- BOYER, J.S. 1974. Water transport in plants:mechanism of apparent changes in resistance during absorption. Planta (Berl.), 117: 187-207.
- BOYER, J.S. 1985. Water transport. Annu. Rev. Plant Physiol., 36:473-516.
- CAMPBELL, W.H. 1976. Separation of soybean leaf nitrate reductase by affinity chromatography. Plant Sci. Lett., 7:239-247.

- CAMPBELL, G.S. 1977. An introduction to environmental biophysics.
Spring - Verlag, New York. 159p.
- CARLSON, R.E.; YARGER, D.N. & SHAW, R.H. 1972. Environmental influences on the leaf temperatures of two soybean varieties grown under controlled irrigation. Agron. J., 64:224-229.
- CHIRANJIVI RAO, K. & VIJAYASARADHY, M. 1980. Nitrate reductase activity (NRA) at vegetative and reproductive conditions in *Saccharum* cultivar CO. 285. In: 17 th Congress of the International Society of Sugar Cane Technologist. Proceedings. ISSCT, Manica. p.432-437.
- COOK, G.D.; LEOPOLD, A.C. & DIXON, J.R. 1964. Transpiration: it's effects on plant leaf temperature. Science, 144:546-547.
- CORTEZ, J.V. 1986. Histórico e expansão da cultura da seringueira no Estado de São Paulo. In: I Simpósio sobre a cultura da seringueira no Estado de São Paulo. Anais. Fundação Cargill, Campinas p.1-9.
- COX, W.J. & JOLLIFF, G.D. 1987. Crop water relations of sunflower and soybean under irrigated and dryland conditions. Crop Sci., 27:553-557.
- De JONG, T.M. & DOYLE, J.F. 1985. Seasonal relationships between leaf nitrogen content (photosynthetic capacity) and leaf canopy light exposure in peach (*Prunus persica*). Plant cell Environ., 8:701-706.
- DENMEAD, O.T. & MILLAR, B.D. 1976. Field studies of the conductance of wheat leaves and transpiration. Agron. J., 68:307-311.
- DIRVEN, J.G.P. 1965. Chemical composition and nutritive value of tropical kudzu (*Pueraria phaseoloides* (ROXB.) BENTH). Qual. Plant. Mater. Veg. XII-2:183-198.

- DOBRENZ, A.K.; WRIGHT, L.N.; HUMPHREY, A.B.; MASSENGALE, M.A. & KNEEBONE, W.R. 1969. Stomate density and it's relationship to water-use efficiency of blue panic grass (Panicum antidotale Retz). Crop Sci., 9:354-357.
- DRAKE, B.G.; RASCHKE, K. & SALISBURY, F.B. 1970. Temperatures and transpiration resistances of Xanthium leaves as affected by air temperature, humidity and wind speed. Plant Physiol., 46:324-330.
- FANCELLI, A.L. 1986. Culturas intercalares e coberturas verde em seringais. In: I Simpósio sobre a cultura da seringueira no Estado de São Paulo. Anais. Fundação Cargill, Campinas. p.229-243.
- FERRI, M.G. 1961. Aspects of the soil-water-plant relationships in connection with some brazilian types of vegetation. In: Abidjan Symposium. Proceedings. UNESCO. p.103-109.
- FERRI, M.G. 1963. Evolução do conceito de xerofitismo. Bol. Fac. Fil. Cienc. Letras-USP, 267: 101-114.
- FITTER, A.H. & HAY, R.K.M. 1983. Environment physiology of plants. Academic Press, London. 355p.
- FRANCO, A. C. 1983. Fotossíntese e resistência foliar em Didymopanax macrocarpum. Tese de Mestrado. UnB. Brasília, DF. 79p.
- FRANK, A.B.; POWER, J.F. & WILLIS, W.O. 1973. Effect of temperature and plant water stress on photosynthesis, diffusion resistance and leaf water potential in spring wheat. Agron. J., 65: 777-780.
- GATES, D.M. 1963. Leaf temperature and energy exchange. Arch. Meteorol. Geophysik, Bioclim. Ser. B., 12: 321-336.

- GATES, D.M. 1976. Energy exchange and transpiration. In: L. Lange; L.Kappen & E.-D. Schulze (ed.s). Water and plant life: problems and modern approaches. Spring-Verlag, Berlin. pp.137-147.
- GLOVER, J. 1959. The apparent behaviour of maize and sorghum stomata during and after drought. J. Agric. Sci., 53:412-416.
- GONÇALVES, P.S.; PAIVA, J.R. & SOUZA, R.A. 1983. Retrospectiva e atualidades do melhoramento genético da seringueira (Hevea spp.) no Brasil e em países asiáticos. EMBRAPA-CNPQ, Manaus. 69p.
- GRACE, J.; FASEHUN, F.E. & DIXON, M. 1980. Boundary layer conductance of the leaves of some tropical timber trees. Plant Cell Environ., 3:443-450.
- HALL, A.E. & HOFFMAN, G.J. 1976. Leaf conductance response to humidity and water transport in plants. Agron. J., 68:876-881.
- HALL, A.E. & KAUFMANN, M.R. 1975. Stomatal response to environment with Sesamum indicum L. Plant Physiol., 55:455-459.
- HALLMARK, W.B. & HUFFAKER, R.C. 1978. The influence of ambient nitrate, temperature and light on nitrate assimilation in sudangrass seedlings. Physiol. Plant., 44:147-152.
- HARPER, J.E. & HAGEMAN, R.H. 1972. Profiles and seasonal profiles of nitrate reductase in soybeans (Glycine max L. Merr.). Plant Physiol., 49:146-154.

- HASHIMOTO, Y.; INO, T.; KRAMER, P.J.; NAYLOR, A.W. & STRAIN, B.R.
1984. Dynamic analyses of water stress of sunflower leaves by means of a thermal image processing system. Plant Physiol., 76: 266-269.
- HATFIELD, J.L.; QUISENBERRY, J.E. & DILBECK, R.E. 1987. Use of canopy temperatures to identify water conservation in cotton germplasm. Crop Sci., 27: 269-273.
- HEICHEL, G.H. 1971. Stomatal movements, frequencies and resistances in two maize varieties differing in photosynthetic capacity. J. Exp. Bot., 22: 644-649.
- HENCKEL, P.A. 1964. Physiology of plants under drought. Annu. Rev. Plant Physiol., 15: 363-386.
- HENSON, I.E.; ALAGARSWAMY, G.; BIDINGER, F.R. & MAHALAKSHMI, V.
1982. Stomatal responses of pearl millet to leaf water status and environmental factors in the field. Plant Cell Environ., 5: 65-74.
- HENZELL, R.G.; MCCREE, K.J.; VAN BAVEL, C.H.M. & SCHERTZ, K.F.
1976. Sorghum genotype variation in stomatal sensitivity to leaf water deficit. Crop Sci., 16: 660-662.
- HEWITT, E.J. 1975. Assimilatory nitrate-nitrite reduction. Annu. Rev. Plant Physiol., 26: 73-100.
- HOGLUND, H.-O. & KLOCKARE, R. 1987. Stomatal responses to rapidly imposed water stress and light/dark transition in norflurazon-treated wheat leaves. Physiol. Plant., 69: 477-480.

- HSIAO, T.C. 1973. Plant responses to water stress. Annu. Rev. Plant Physiol., 24: 519-570.
- HUGHES, H.D.; HEATH, M.E. & METCALFE, D.S. 1978. Forrages: the science of grassland agriculture. Compania Editora Continental - Mexico. p.247.
- IDSO, S.B.; KIMBALL, B.A. & MAUNY, J.R. 1987. Atmospheric carbon dioxide enrichment effects on cotton midday foliage temperature: implications for plant water use and crop yield. Agron. J., 79: 667-672.
- IKE, I.F. & THURTELL, G.W. 1981. Response of indoor-grown cassava to water deficits and recovery of leaf water potential and stomatal activity after water stress. J. Exp. Bot., 32: 1029-1034.
- JACKSON, R.D.; REGINATO, R.J. & IDSO, S.B. 1977. Wheat canopy temperature: a practical tool for water requirements. Water Resour. Res., 13: 651-656.
- JOHN, K.P. 1963. Rhizoctonia and other diseases of cover plants. Planter's Bulletin, 68: 187-190.
- JOLLY, S.O.; CAMPBELL, W. & TOLBERT, N.E. 1976. NADPH- and NADH-nitrate reductases from soybeans leaves. Arch. Biochem. Biophys., 174: 431-439.
- JONES, H.G. 1977. Transpiration in barley lines with differing stomatal frequencies. J. Exp. Bot., 28: 162-168.

- JONES, J.W.; ZUR, B.; BOOTE, K.J. & HAMMOND, L.C. 1982. Plant resistance to water flow in field soybeans: I. Non-limiting soil moisture. Agron. J., 74: 92-98.
- JORDAN, W.R. & RITCHIE, J.T. 1971. Influence of soil water stress on evaporation, root absorption and internal water status of cotton. Plant Physiol., 48: 783-788.
- JUNG, P.K. & SCOTT, H.D. 1980. Leaf water potential, stomatal resistance and temperature relations in field-grown soybeans. Agron. J., 72: 986-990.
- JURIK, T.W.; WEBER, J.A. & GATES, D.M. 1984. Short-term effects of CO₂ on gas exchange of leaves of bigtooth aspen (Populus grandidentata) in the field. Plant Physiol., 75: 1022-1026.
- KANNANGARA, C.G. & WOOLHOUSE, H.M. 1967. The role of carbon dioxide, light and nitrate in the synthesis and degradation of nitrate reductase in leaves of Perilla frutescens. New Phytol., 66: 553-561.
- KAUFMANN, M.R. 1976. Stomatal response of engelmann spruce to humidity, light and water stress. Plant Physiol., 57: 898-901.
- KAUFMANN, M.R. & LEVY, Y. 1976. Stomatal response of Citrus jambhiri to water stress and humidity. Physiol. Plant., 38: 105-108.
- KAUFMANN, M.R. 1982. Leaf conductance as a function of photosynthetic photon flux density and absolute humidity difference from leaf to air. Plant Physiol., 69: 1018-1022.

- KHANNA-CHOPRA, R.; CHATURVERDI, G.S.; AGGARWAL, P.K. & SINHA, S. K. 1980. Effect of potassium on growth and nitrate reductase during water stress and recovery in maize. Physiol. Plant., 49: 495-500.
- KIRKBY, E.A. & KNIGHT, A.H. 1977. Influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake and assimilation, organic acid accumulation and cation-anion balance in whole tomato plants. Plant Physiol., 60: 349-353.
- KLEPPER, L.; FLESHER, D. & HAGEMAN, R.H. 1971. Generation of reduced nicotinamide adenine dinucleotide for nitrate reduction in green leaves. Plant Physiol., 48: 580-590.
- KRAMER, P.J. 1969. Plant and soil water relationships: a modern synthesis. McGraw-Hill, New York. 482p.
- KREJSA, B.B.; ROUQUETTE-Jr., F.M.; HOLT, E.C.; CAMP, B.J. & NELSON, L.R. 1987. Alkaloid and nitrate concentrations in pearl millet as influenced by drought stress and fertilization with nitrogen and sulfur. Agron. J., 79: 266-270.
- KUAN, C.Y. & KOK, T.G. 1982. Legume seeds for cover establishment. Planter's Bulletin, 170: 1-13.
- LANGE, O.L.; LOSCH, R.; SCHULZE, E.-D. & KAPPEN, L. 1971. Responses of stomata to changes in humidity. Planta (Berl.), 100 76-86.
- LARCHER, W. 1975. Physiological plant ecology. Springer-Verlag, Berlin. p. 150.
- LARCHER, W. 1986. Ecofisiologia vegetal. EPU, São Paulo. 319p.

- LEA, H.Z.; DUNN, G.M. & KOCH, D.W. 1977. Stomatal diffusion resistance in three ploidy levels of smooth bromegrass. Crop Sci., 17: 91-93.
- LIMA-FILHO, J.M.P. 1983. Temperatura foliar de genótipos de feijão sob duas condições de umidade do solo. Fesqui. Agropec. Bras., 18: 703-706.
- LIRA, M.A.; COELHO, M.; PEDROSA, A.C.; DANTAS, A.P.; SOUZA, A.C. & FERRAZ, L. 1970. Ensaio de consorciação de "kudzu tropical" (Pueraria phaseoloides) em pastagens. B. Téc. Inst. Pesq. Agron., 46: 1-20.
- LIST, R.J. 1966. Smithsonian meteorological tables. Smithsonian Institution Press, Washington. 527p.
- LORENS, G. F.; BENNETT, J.M. & LOGGALE, L.B. 1987. Differences in drought resistance between two corn hybrids. I. Water relations and root length density. Agron. J., 79: 802-807.
- LUDLOW, M.M. & IBAKARI, K. 1979. Stomatal control of water loss in siratro (Macroptilium atropurpureum (DC) Urb.), a tropical pasture legume. Ann. Bot. (Lond.), 43: 639-647.
- MACHADO, E.C. & FURLANI, P.R. 1985. Deficiência hídrica no consumo de água de dois cultivares de milho crescidos em solução nutritiva. Bragantia, 44: 493-504.
- MAGALHÃES, A.C.; PETERS, D.B. & HAGEMAN, R.H. 1976. Influence of temperature on nitrate metabolism and leaf expansion in soybean (Glycine max L. Merr.) seedlings. Plant Physiol., 58: 12-16.

- MAGALHÃES, A.C. & HAGEMAN, R.H. 1978. High temperature effects on net CO₂ exchange, nitrate reductase and RUDP carboxylase activities in soybean leaves. Rev. Bras. Bot., 1: 139-142.
- MALAVOLTA, E. 1981. Manual de química agrícola: adubos e adubação. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo. 596p.
- MALDONADO, J.M.; NOTTON, B.A. & HEWITT, E.J. 1978. Inhibitory effects of ferrocytochrome c on NADH-Nitrate reductase activity of spinach (Spinacea oleracea L.). Plant Sci. Lett., 13: 143-150.
- MANAM, R.; TEARE, I.D.; POWERS, W.L. & SKIDMORE, E.L. 1977. Nitrate reductase activity of soybeans in relation to other indicators of water stress. Oyton, 35: 189-194.
- MARKHART, A.H.; PEET, M.M.; SIONIT, N. & KRAMER, P.J. 1980. Low temperature acclimation of root fatty acid composition, leaf water potential, gas exchange and growth of soybean seedlings. Plant Cell Environ., 3: 435-441.
- MARTINEZ, M.S. 1971. El kudzu tropical. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria, Divulg. Agrop., 10. 6p.
- MATSUMOTO, H.; TANAKA, T.; MATOH, T.; HASHIZUME, K. & TAKAHASHI, E. 1979. Inhibition of NADH-Nitrate reductase activity in cucumber leaves due to NADH oxidation. Plant Cell Physiol., 20: 573-582.
- MATTAS, R.E. & PAULI, A.W. 1965. Trends in nitrate reduction and nitrogen fractions in young corn (Zea mays L.) plants during heat and moisture stress. Crop Sci., 5: 181-184.

- McCREE, K.J. 1974. Changes in the stomatal response characteristics of grain sorghum produced by water stress during growth. Crop Sci., 14: 273-278.
- McCREE, K.J. & RICHARDSON, S.G. 1987. Stomatal closure vs. osmotic adjustment: a comparasion of stress responses. Crop Sci., 27: 539-543.
- MEGURO, N.E. & MAGALHÃES, A.C. 1982. Atividade da redutase de nitrato em cultivares de café. Pesqui. Agropec. Bras., 17: 1725-1731.
- MEGURO, N.E. & MAGALHÃES, A.C. 1983. Water stress affecting nitrate reduction and leaf diffusive resistance in Coffea arabica L. cultivars. J.Hortic. Sci., 58: 147-152.
- MEIDNER, H. & MANSFIELD, T.A. 1968. Physiology of stomata. McGraw-Hill, London. 179p.
- MISKIN, K.E.; RASMUSSEN, D.C. & MOSS, D.N. 1972. Inheritance and physiological effects of stomatal frequency in barley. Crop Sci., 12: 780-783.
- MOGENSEN, V.O. 1980. Drought sensitivity at various growth stages of barley in relation to relative evapotranspiration and water stress. Agron. J., 72: 1033-1038.
- MOHANTY, B. & FLETCHER, J.S. 1976. Ammonium influence on the growth and nitrate reductase activity of paul's scarlet rose suspension cultures. Plant Physiol., 58: 152-155.
- MOONEY, H.A. & DUNN, E.L. 1970. Convergent evolution of mediterranean - climate evergreen sclerophyll shrubs. Evolution, 24: 292-303.

MORENO, C.G.; APARICIO, P.J.; PALACIÁN, E. & LOSADA, M. 1972.

Interconversion of the active and inactive forms of
Chlorella nitrate reductase. FEBS Lett., 26: 11-14.

MOROZ, S.M.; ALFORD, E.A. & JOHNSON, C.B. 1984. Effects of
temperature on the development of Sinapsis alba L.;

phytochrome - control of nitrate reductase activity at 10°C.
Plant Cell Environ., 7: 45-51.

MOTT, K.A.; O'LEARY, J.W. & GIBSON, A.C. 1982. The adaptative
significance of amphistomatic leaves. Plant Cell Environ.,
5: 455-460.

MOTT, K.A. & O'LEARY, J.W. 1984. Stomatal behaviour and CO₂
exchange characteristics in amphistomatus leaves. Plant
physiol., 74: 47-51.

MUCHOW, R.C.; SINCLAIR, T.R.; BENNETT, J.M. & HAMMOND, L.C.
1986. Response of leaf growth, leaf nitrogen and stomatal
conductance to water deficits during vegetative growth of
field-grown soybean. Crop Sci., 26: 1190-1195.

NEME, N.A. 1966. Leguminosas para adubos verdes e forragens.
Boletim nº 109, Inst. Agron. Campinas: 1-28.

NICHOLAS, J.C.; HARPER, J.E. & HAGEMAN, R.H. 1976.a. Nitrate
reductase activity in soybeans (Glycine max (L.) Merr.).
I. Effects of light and temperature. Plant Physiol., 58:
731-735.

NICHOLAS, J.C.; HARPER, J.E. & HAGEMAN, R.H. 1976 b. Nitrate
reductase activity in soybeans (Glycine max (L.) Merr.).
II. Energy limitations. Plant Physiol., 58: 736-739.

- OAKS, A. & HIREL, B. 1985. Nitrogen metabolism in roots. Annu. Rev. Plant Physiol., 36: 345-365.
- OLIVEIRA, L.E.M. 1985. Comportamento fisiológico de plantas de cana-de-açúcar (*Sacharum* sp) sob condições de deficiência hídrica: alteração da assimilação do nitrato e mobilização de açúcares. Tese de doutorado. UNICAMP. Campinas, SP. 126p.
- OMETO, J.C. 1981. Bioclimatologia vegetal. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo. 440p.
- ORTOLANI, A.A. 1986. Agroclimatologia e o cultivo da seringueira. In: I Simpósio Sobre a Cultura da Seringueira no Estado de São Paulo. Anais. Fundação Cargill, Campinas. p.11-32.
- PAEZ, J.C. 1946. Algunas consideraciones sobre el kudzu. Circular Estacion Exp. Agríc. La Molina, 63: 1-8.
- PALLAS-Jr., J.E.; MICHEL, B.E. & HARRIS, D.G. 1967. Photosynthesis, transpiration, leaf temperature and stomatal activity of cotton plants under varying water potentials. Plant Physiol., 42:76-88.
- PENTEADO, L.A.C.; SICILIANO, S.F. & OLIVEIRA, V.P. 1983. A propagação do kudzu tropical. Comunicado Técnico, Secret. Agric. Abast., CATI - Div. Reg. Agric. do litoral paulista. 6p.
- PIO-CORREIA, M. 1969. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas, vol. 4. IBDF, Rio de Janeiro p.607.
- PLAUT, Z. 1973. The effect of soil moisture tension and nitrogen supply on nitrate reduction and accumulation in wheat seedlings. Plant Soil, 38: 81-84.

- PORTO, M.C.M. 1987. a. Alterações na resistência foliar à saída de água em cultivares de mandioca. In: I Reunião Brasileira de Fisiologia Vegetal. Resumos. Inst. Agron. Paraná, Londrina. p.24.
- PORTO, M.C.M. 1987. b. Mecanismos de resistência à seca em plantas. In: I Reunião Brasileira de Fisiologia Vegetal. Comunicação oral. Inst. Agron. Paraná, Londrina.
- PRAKASH, S.S. & NAIK, M.S. 1982. Reevaluation of in vivo assay of nitrate reductase activity in wheat leaves. Plant Sci. Lett., 25:9-14.
- RAO, M. & ANDERSON, L.E. 1983. Light and stomatal metabolism. I. possible involvement of light modulation of enzymes in stomatal movement. Plant Physiol., 71:451-455.
- RASCHKE, K. 1975. Stomatal action. Annu. Rev. Plant Physiol., 26: 309-340.
- RAWSON, H.M.; BAGGA, A.K. & BREMNER, P.M. 1977. Aspects of adaptation by wheat and barley to soil moisture deficits. Aust. J. Plant Physiol., 4:389-401.
- RITCHIE, J.T. 1974. Atmospheric and soil water influences on the plant water balance. Agric. Meteorol., 14:183-198.
- ROCHA, G.L. 1964. Cudzu - Forrageiras para solos pobres e de mediana fertilidade. Departamento de produção animal, Secret. Agric. São Paulo. Plantas Forrageiras nº7. 2p.
- ROCHA-NETO, O.G.; CANO, M.A.O.; TIEBAUT, J.T.L. 1983. Eficiência no uso da água em plântulas de seringueira submetidas a deficit hídrico. Pesqui. Agropec. Bras., 18:363-369.

Relatório anual - 1984. 1985. Convênio EMBRAPA/FCAP - Seringueira. FCAP, Belém. 123p.

ROGERS, C.; POWELL, R.D. & SHARPE, P.J.H. 1979. Relationship on temperature to stomatal aperture and potassium accumulation in guard cells of Vicia faba. Plant Physiol., 63: 388-391.

ROTH-BEJARANO, N. & ITAI, C. 1981. Involvement of phytochrome in stomatal movement: effect of blue and red light. Physiol. Plant., 52: 201-206.

SAIRAM, R.K. & DUBE, S.D. 1984. Effect of moisture stress on nitrate reductase activity in rice in relation to drought tolerance. Ind. J. Plant Physiol., 27: 264-270.

SANTORO, L.G. & MAGALHÃES, A.C.N. 1983. Changes in nitrate reductase activity during development of soybean leaf. Z. Pflanzenphysiol., 112: 113-121.

SANTOS-FILHO, B.G. 1985. Parâmetros biofísicos e fisiológicos associados à economia de água em plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) submetidas a estresse hídrico. Tese de doutorado. UNICAMP. Campinas, SP. 158p.

SCHULZE, E.-D.; LANGE, O.L.; BUSCHBOM, U.; KAPPEN, L. & EVENARI, M. 1972. Stomatal responses to changes in humidity in plants growing in the desert. Planta (Berl.), 108:259-270.

SHAH, N.; SMIRNOFF, N. & STEWART, G.R. 1987. Photosynthesis and stomatal characteristics of Striga hermonthica in relation to its parasitic habit. Physiol. Plant., 69: 699-703.

- SHERIFF, D.W. & KAYE, P.E. 1977. Responses of diffusive conductance to humidity in a drought avoiding and a drought resistant (in terms of stomatal responses) legume. Annu. Bot. (Lond.), 41:653-655.
- SHERIFF, D.W. 1984. Epidermal transpiration and stomatal responses to humidity: some hypotheses explored. Plant Cell Environ., 7:669-677.
- SHERRARD, J.H. & DALLING, M.J. 1979. In vitro stability of nitrate reductase from wheat leaves. I. Stability of highly purified enzyme and its component activities. Plant Physiol., 63:346-353.
- SILCOCK, R.G. & WILSON, D. 1982. Effect of ambient humidity and leaf disposition on leaf diffusive conductance of Festuca arundinacea cv. S170. New Phytol., 90:201-208.
- SILVA, H.T.; RODRIGUES, J.D. & COSTA, J.G.C. 1987. Influência do sombreamento causado pelo milho na anatomia da folha do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) de diferentes hábitos de crescimento - estômatos e tricomas. In: XXXVIII Congresso Nacional de Botânica. Resumos. Soc. Bras. Bot., São Paulo. p.334.
- SILVA, J.E. & RESCK, D.V.S. 1981. Respostas fisiológicas da soja ao déficit hídrico em dois solos de cerrado. Pesqui. Agropec. Bras., 16:669-675.
- SINGH, D.P.; TURNER, N.C. & RAWSON, H.M. 1982. Effects of radiation, temperature and humidity on photosynthesis, transpiration and water use efficiency of oilseed rape (Brassica campestris L.). Biol. Plant., 24:130-135.

- SIONIT, N. & KRAMER, P.J. 1976. Water potential and stomatal resistance of sunflower and soybean subjected to water stress during various growth stages. Plant Physiol., 58: 537-540.
- SLATYER, R.O. 1967. Plant-water relationships. Academic Press, London. 366p.
- SMIRNOFF, N. & STEWART, G.R. 1985. Nitrate assimilation and translocation by higher plants: comparative physiology and ecological consequences. Physiol. Plant., 64: 133-140.
- SOUALMI-BOUJEMAA, K.; MOYSE, A. & CHAMPIGNY, M.L. 1985. Modulation of nitrate reductase in wheat shoot and roots by nitrate. Physiol. Veg., 23: 869-875.
- SQUIRE, G.R. 1979. The responses of stomata of pearl millet (Pennisetum typhoides S. and H.) to atmospheric humidity. J. Exp. Bot., 30: 925-933.
- STREETER, J.G. & BOSLER, M.E. 1972. Comparasion of in vitro and in vivo assays for nitrate reductase in soybean leaves. Plant Physiol., 49: 448-450.
- STUMPFF, N.J. & JOHNSON, J.D. 1987. Ethylene production by loblolly pine seedlings associated with water stress. Physiol. Plant., 69: 167-172.
- TEIXEIRA, J.B.; OLIVA, M.A. & CAMBRAIA, J. 1983. Eficiência no uso da água em leguminosas forrageiras submetidas a déficit hídrico. Rev. Ceres, 30: 463-470.

- TELFORD, E.A. & CHILDERS, N.F. 1947. O kudzu tropical em Porto Rico. A fazenda, 42: 50-54.
- THORPE, M.R.; WARRIT, B. & LANDSBERG, J.J. 1980. Responses of apple leaf stomata: a model for single leaves and a whole tree. Plant Cell Environ., 3: 23-27.
- TURNER, N.C. & BEGG, J.E. 1973. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions. I. At high soil water potential. Plant Physiol., 51: 31-36.
- TURNER, N.C. 1974. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions. II. At low soil water potential. Plant Physiol., 53: 360-365.
- TURNER, N.C.; BEGG, J.E.; RAWSON, H.M.; ENGLISH, S.D. & HEARN, A.B. 1978. Agronomic and physiological responses of soybean and sorghum crops to water deficits. III. Components of leaf water potential, leaf conductance, $^{14}\text{CO}_2$ photosynthesis and adaptation to water deficits. Aust. J. Plant Physiol., 5: 179-194.
- TURNER, N.C. & BEGG, J.E. 1981. Plant-water relations and adaptation to stress. Plant Soil, 58: 97-131.
- TURNER, N.C.; STERN, W.R. & EVANS, P. 1987. Water relations and osmotic adjustment of leaves and roots of lupins in response to water deficits. Crop Sci., 27: 977-983.
- VAN RAIJ, B.; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCI, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI-Jr., R.; DECHEN, A.R. & TRANE, P.E. 1985. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. B. Técn. Inst. Agron., 100: 107p.

- WALLACE, W. & PATE, J.S. 1965. Nitrate reductase in the field pea (Pisum arvense L.). Ann. Bot. (Lond.), 29: 655-671.
- WALLACE, W. 1975. A re-evaluation of the nitrate reductase content of the maize root. Plant Physiol., 55: 774-777.
- WALTER, G.K. & HATFIELD, J.L. 1979. Test of the stress-degree-day concept using multiple planting dates of red kidney beans. Agron. J., 71: 967-971.
- WARRIT, B.; LANDSBERG, J.J. & THORPE, M.R. 1980. Responses of apple leaf stomata to environment factors. Plant Cell Environ., 3: 13-22.
- WEATHERLEY, P.E. 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. New Phytol., 49: 81-97.
- WEATHERLEY, P.E. 1951. Studies in the water relations of the cotton plant. II. Diurnal and seasonal variations in relative turgidity and environment factors. New Phytol., 50: 36-51.
- WEST, D.W. & GAFF, D.F. 1976. The effect of leaf water potential, leaf temperature and light intensity on leaf diffusion resistance and the transpiration of leaves of Malus silvestres. Physiol. Plant., 38: 98-104.
- WORMER, T.M. 1965. The effects of soil moisture, nitrogen fertilization and some meteorological factors on stomatal aperture of Coffea arabica L. Ann. Bot. (Lond.), 29: 523-539.

ZUR, B.; JONES, J.W.; BOOTE, K.J. & HAMMOND, L.C. 1982. Total resistance to water flow in field soybeans: II. Limiting soil moisture. Agron. J., 74: 99-105.