

Comportamento ecofisiológico das culturas de milho e feijão-de-corda sob diferentes condições de cultivo

Resumo

Os efeitos ambientais constituem-se em fatores predominantes no desenvolvimento das plantas, visto que determinam condições para manutenção da vida. Sendo assim, o objetivo foi avaliar o comportamento ecofisiológico na fase inicial das culturas do milho e do feijão-de-corda em diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido com telado de transparência de 50% e ambiente externo em condições de campo. O experimento foi realizado nos meses de setembro a novembro de 2008 sendo conduzido em uma área da estação meteorológica da Universidade Federal do Ceará, utilizando delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2 com quatro repetições. As variáveis avaliadas em ambos os ambientes de cultivo foram: velocidade do vento (U), radiação global fotossinteticamente ativa (PAR), concentração interna de CO₂, transpiração, condutância estomática, e taxa de fotossíntese. Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias pelo teste Tukey em ambos os experimentos. Conclui-se que os valores da velocidade do vento e da radiação global fotossinteticamente ativa no interior do ambiente protegido foram sempre menores que os valores obtidos no ambiente externo. Houve mudanças tanto morfológicas quanto fisiológicas para ambas as culturas estudadas.

Clayton Moura de Carvalho¹, Claudivan Feitosa Lacerda², Mauro Régis Vieira³, Clécio Frota Rodrigues⁴, Jefferson Gonçalves Américo⁵, Antônia Leila Rocha Neves⁶

Palavras-chave: *Vigna unguiculata* (L) Walp.; *Zea mays* L.; ambiente protegido; trocas gasosas.

Comportamiento ecofisiológico de maíz y frijol bajo diferentes condiciones de cultivo

Resumen

Los efectos ambientales son factores predominantes en el desarrollo de las plantas, ya que determinan las condiciones para mantener la vida. Por lo tanto, el objetivo fue evaluar el comportamiento ecofisiológico en la fase inicial de maíz y frijol-del-cuerda en ambientes de cultivo diferentes: en invernadero con cortina de 50% de transparencia y el medio ambiente externo en condiciones de campo. El experimento se llevó a cabo durante septiembre a noviembre de 2008, en área de la estación meteorológica de la Universidad Federal de Ceará, con un diseño completamente al azar en factorial 2x2 con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas en las condiciones ambientales son: la velocidad del viento (U), radiación fotosintéticamente activa (PAR), la concentración interna de CO₂, la transpiración, la conductancia estomática y la tasa de fotosíntesis. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante la prueba de Tukey en ambos experimentos. De ello se deduce que los valores de velocidad del viento y radiación global fotosintéticamente activa dentro del invernadero fueron sistemáticamente inferiores a los obtenidos en el entorno externo. Hubo cambios morfológicos y fisiológicos en las dos culturas estudiadas.

Palabras llave: *Vigna unguiculata* (L) Walp.; *Zea mays* L.; invernadero; el intercambio de gases; alubias

1 Doutorando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Eng. Agrícola, UFC, Prof. FATEC Cariri, Av. Lineu Machado, 1255 – Jockey Club, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60520-100, e-mail: carvalho_cmc@yahoo.com.br

2 . Dr. do Departamento de Eng. Agrícola, UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil, e-mail: claudivan@ufc.br.

3 Doutorando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Eng. Agrícola, UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil, maurocmid@hotmail.com.

4 Mestrando em Fitotecnia, Departamento de Agronomia, UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil, e-mail: cleciofrota@gmail.com.

5 Doutorando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Eng. Agrícola, UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil, e-mail: jeffersonobre@hotmail.com

6 Doutoranda em Irrigação e Drenagem, Departamento de Eng. Agrícola, UFC, Fortaleza, Ceará, Brasil, e-mail: leilaneves7@hotmail.com

Introdução

Entre os diversos componentes do ambiente, a luz é primordial para o crescimento das plantas, não só por fornecer energia para a fotossíntese, mas também por fornecer sinais que regulam seu desenvolvimento através de receptores de luz sensíveis a diferentes intensidades. Dessa forma, modificações nos níveis de luminosidade aos quais uma espécie está adaptada podem condicionar diferentes respostas fisiológicas em suas características bioquímicas, anatômicas e de crescimento (ATROCH et al., 2001).

Para Braun et al. (2007) a adaptação das plantas ao ambiente de luz depende do ajuste de seu aparelho fotossintético, utilizando eficientemente a luminosidade ambiental, ocorrendo uma adaptação da mesma que será observada através do seu crescimento global.

Segundo Costa e Marenco (2007) o funcionamento dos estômatos e a área foliar influenciam a produtividade do vegetal. O primeiro fator porque controla a absorção de CO_2 e o segundo porque determina a interceptação de luz. Esses mesmos autores afirmam que a queda na condutância estomática está ligada à redução na fotossíntese nos horários mais quentes.

As plantas diminuem o grau de abertura estomática, diminuindo assim a condutância estomática, para reduzir a perda de água e manter o equilíbrio hídrico. Isso acontece pois quanto maior a deficiência hídrica, menor será o grau de abertura dos estômatos e, conseqüentemente, maior será a resistência à entrada de CO_2 atmosférico (KERBAUY, 2004).

Paiva et al. (2005), estudando a condutância estomática em feijoeiro, puderam observar que as plantas que foram melhor irrigadas apresentaram maiores valores, provavelmente devido a melhor condição hídrica da planta. Observaram ainda que nas folhas submetidas à menor disponibilidade de água no solo apresentaram menores valores médios.

No milho pode-se observar que, para as plantas devidamente irrigadas, ocorre aumento da abertura estomática com o aumento da radiação fotossinteticamente ativa. Plantas com estresse hídrico apresentam uma resposta mais lenta à radiação incidente e valores de condutância estomática de,

aproximadamente, um quinto dos encontrados em plantas não estressadas, em que reduzir a velocidade de abertura dos estômatos ou deixando menos abertos pode ser uma forma de reduzir as perdas de água através da transpiração (BONO et al., 2001).

Para Bergonci e Pereira (2002), a transpiração é dependente em grande parte da condutância estomática e esta diminui em função da fração de água disponível para planta e da incidência de radiação fotossinteticamente ativa. Quando plantas são atendidas por quantidades de água, na qualidade e na quantidade para o consumo, o fluxo de transpiração é determinado basicamente por sua área foliar e dos elementos meteorológicos que comandam a demanda evaporativa (DALMAGO et al., 2006).

Em relação à concentração interna de CO_2 , as plantas C_4 necessitam de concentrações menores para que a fotossíntese encontre-se saturada em comparação com plantas do tipo C_3 . O desempenho melhor das plantas C_4 pode ser atribuída a vários fatores, podendo ser citado a eficiência da carboxilação da PEPcase, combinada com a inibição da fotorrespiração promovida pelo mecanismo C_4 de concentração interna de CO_2 junto ao sítio ativo da Rubisco (KERBAUY, 2004).

De acordo com Chavarria et al. (2008), analisando o cultivo de vinhedo com lonas plásticas trançadas, transparentes, impermeabilizadas com polietileno de baixa densidade, as variáveis fotossíntese, transpiração e condutância estomática apresentam valores superiores às cultivadas sem essa cobertura.

Visto a importância da influência de diferentes efeitos ambientais sobre as plantas, o presente trabalho buscou através da pesquisa de campo, estudar o comportamento fisiológico da fase inicial da cultura do milho e do feijão-de-corda em diferentes ambientes de cultivo: ambiente protegido (telado com sombrite) e em condições de ambiente.

Material e métodos

O experimento foi instalado em uma área da estação meteorológica da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza, Ceará, Brasil ($3^\circ 45' \text{S}$; $38^\circ 33' \text{W}$ e altitude de 19 metros em relação ao nível do mar). Segundo a classificação de

Köppen, a área do experimento está localizada em uma região de clima Aw', tropical chuvoso, com precipitações de outono a verão e temperatura média maior de 18°C durante o ano inteiro. O experimento teve duração de sessenta dias, sendo conduzido nos meses de setembro a novembro de 2008. As sementes utilizadas foram: feijão de corda [*Vigna unguiculata* (L) Walp.] cultivar Setentão e milho (*Zea mays* L.) híbrido AG 1051.

As plantas foram submetidas a diferentes condições de cultivo, correspondendo aos seguintes tratamentos: ambiente protegido com telado/sombrite transparência de 50% e ambiente externo, onde as médias de temperatura nos meses de setembro, outubro e dezembro de 2008, corresponderam a 26,84 °C, 27,12 °C e 27,12 °C e as médias de umidade relativa no mesmo período corresponderam a 62,09%, 62,36% e 63,30%, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado no experimento foi inteiramente casualizado, seguindo um arranjo fatorial (2 x 2), correspondendo a duas culturas e dois tratamentos com quatro repetições, totalizando 16 parcelas experimentais.

Inicialmente foram preparados os vasos onde foi colocado cerca de 10 kg de solo peneirado proveniente de uma área de Argissolo Vermelho Amarelo, localizada no Laboratório de Hidráulica e Irrigação da Universidade Federal do Ceará, cujas principais características físicas e químicas são apresentadas na Tabela 1. Em cada vaso foram adicionados 300 g de composto orgânico e 1,1 g de uréia, 8,0 g de superfosfato simples e 1,5 g de cloreto de potássio, adubação essa de acordo com a análise de solo realizada.

Foram distribuídos 30 vasos plásticos no ambiente protegido com uma área de 38,15 m² e 30 vasos plásticos fora deste ambiente localizado ao lado do telado/sombrite. As sementes selecionadas foram colocadas para germinar nos vasos intercalando um vaso com seis sementes de feijão-de-corda e um vaso com seis sementes de milho. Os vasos foram dispostos com espaçamento de 0,8 m entre linhas de vasos e 0,3 m entre vasos, sendo o mesmo espaçamento para as duas culturas. Após o estabelecimento das plântulas foi feito o desbaste (14 dias após o plantio), deixando duas plantas por vaso.

As irrigações foram diárias e o volume de água aplicada às plantas foi estimado de acordo com

o princípio do lisímetro de drenagem (BERNARDO et al. 2005), mantendo-se o solo na capacidade de campo.

Por ocasião do desbaste e aos 14, 21, 28 e 35 dias após a germinação (DAG) foram coletadas oito plantas de feijão e oito plantas de milho, constituindo a primeira coleta.

Os parâmetros fisiológicos foram avaliados por ocasião de cada coleta, feitas as medições de radiação fotossinteticamente ativa, taxa fotossintética líquida, taxa de transpiração e condutância estomática em folhas completamente expandidas, utilizando um sistema portátil de análise de gases no infravermelho (ADC System, Hoddesdon, UK), em sistema aberto com fluxo de ar de 300 mL min⁻¹.

Durante o estudo foram realizadas as medições da velocidade dos ventos, utilizando um Termo-Higro-Anemômetro Luxímetro Digital – THAL 300, sendo as leituras coletadas a uma altura de 1,0 m a partir da base do vaso. Foi estimado o comportamento diário da radiação solar global (RG) e da velocidade do vento (U), por meio de uma correlação a partir dos dados coletados pela estação meteorológica e no IRGA (sistema portátil de análise de gases no infravermelho), os valores de radiação e velocidade do vento dentro e fora do ambiente protegido, para todos os dias que se conduziu o experimento, foram obtidos por meio de uma estação meteorológica automática localizada na Estação Meteorológica da Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, Fortaleza.

Os resultados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade e análise de regressão. Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, adotou-se o procedimento do programa SAEG/UFV (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

Resultados e discussão

Velocidade do vento (U) e radiação global e fotossinteticamente ativa (PAR)

Os valores médios da velocidade dos ventos, medida no interior e exterior do ambiente protegido, ao longo do ciclo inicial da cultura do feijão-de-corda e do milho são representados na Figura 1.

Observa-se que a velocidade do vento no

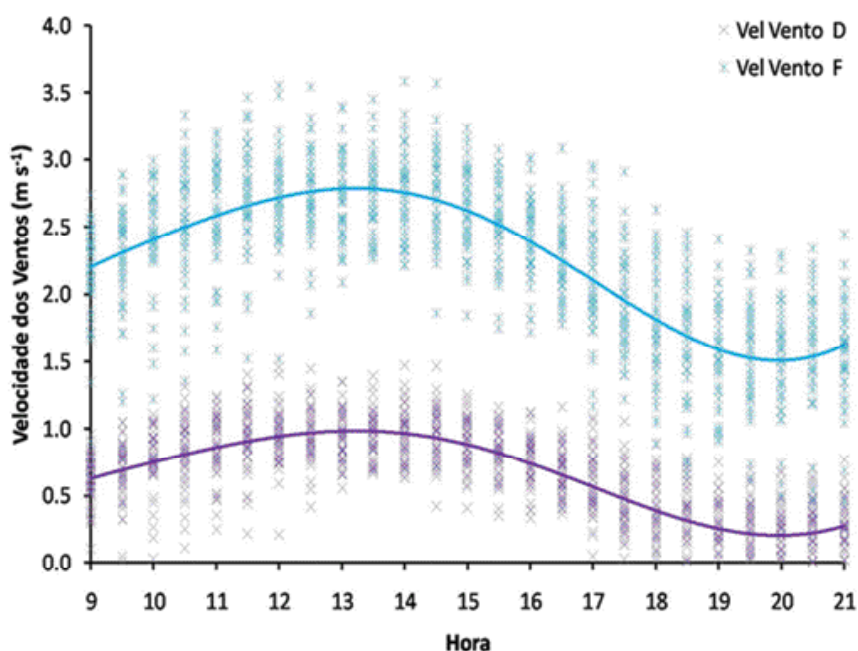


Figura 1. Valores da velocidade do vento (U) no ambiente protegido e externo, nos meses de setembro a novembro de 2008. UFC, Fortaleza – Ceará, 2008.

interior do ambiente protegido, durante todo o dia, é sempre menor que os valores observados no ambiente externo. Segundo Vasquez et al., (2005), este comportamento justifica-se pelas telas que constituem as paredes do ambiente protegido que diminui a ação do vento sobre as culturas no interior do ambiente protegido, além de diminuir os valores de evapotranspiração das culturas avaliadas.

Por analogia, embora em ambientes protegidos com tela possa ocorrer passagem de ar, a velocidade do vento também deve ser reduzida em relação ao ambiente externo, tanto que as telas plásticas utilizadas na construção de telados podem ser usadas como quebra vento em diferentes culturas

segundo Vieira et al. (2004). A intensidade dos ventos pode causar nas plantas reações favoráveis, como a redistribuição de calor dentro da cultura e a dispersão de polens, e desfavoráveis, como a excessiva transpiração e a queda de flores. Os fatores afetados por ventos intensos nas culturas são: eliminação do inseto polinizador, aumento da transpiração, fechamento dos estômatos, redução da área foliar, entre outros.

Podem ser observados que os valores de quadrados médios para o parâmetro de radiação fotossinteticamente ativa expressos na Tabela 1 confirmam o efeito esperado do ambiente na distribuição de radiação sobre as culturas estudadas.

Tabela 1. Valores dos quadrados médios da radiação fotossinteticamente ativa no ambiente protegido e externo, nos meses de setembro a novembro de 2008. UFC, Fortaleza – Ceará, 2008.

Fonte de Variação	Quadrado médio
Ambiente	0,11E+08**
Cultura (Cult)	100489,0ns
Coleta (Col)	133322,1ns
(Col)* (Cult)	29653,1ns
Resíduo	55377,36
CV (%)	18,558

*Significativo pelo teste F a 5%; **Significativo pelo teste F a 1%; ***Não significativo.

Por outro lado, não se verificou efeito do tempo de coleta, o que pode ser explicado pelo fato do estudo ter sido realizado durante a estação seca, quando a presença de nuvens e as variações na intensidade de radiação são menores ao longo do tempo.

Foi observado que as plantas cultivadas no interior dos ambientes protegidos receberam menores valores de radiação fotossinteticamente ativa comparada com as culturas cultivadas no meio externo (Figura 2), ou seja, a sol pleno, já que no ambiente interno a radiação global era reduzida, comprovando assim que o telado permite a passagem de apenas 50% de radiação solar.

Tais resultados podem ser justificados por Buriol et al. (2005), que afirma que no interior dos ambientes protegidos a densidade de fluxo de radiação solar é menor do que no exterior, em função da refletância e absorvância do material de cobertura. Guiselini et al. (2004) concordam, afirmando que os ambientes protegidos afetam os elementos meteorológicos diminuindo a radiação solar global e fotossinteticamente ativa. Os valores da radiação fotossinteticamente ativa, que, tanto no ambiente externo quanto no protegido seguiram o

mesmo comportamento da radiação global, e que os valores obtidos no ambiente protegido foram sempre menores que os valores obtidos no ambiente externo. Valores semelhantes com radiação global, em ambiente protegido e ambiente externo foram observados por Vásquez et al. (2005).

Trocas gasosas

A análise de variância apresentada na Tabela 2 mostra que o ambiente exerceu efeito significativo, nas variáveis, para os tratamentos e culturas estudadas com exceção do comportamento da concentração interna de CO_2 , que não apresentou diferenças significativas.

Na Figura 3 são apresentadas as medidas de temperatura da folha para o feijão-de-corda e para o milho, sendo observados maiores valores para aquelas culturas cultivadas no ambiente externo. Isso pode ser explicado pela maior incidência de radiação solar nas plantas que se encontravam fora do ambiente protegido. A menor incidência de radiação é uma característica da tela do tipo sombrite, que muitas vezes é usada para diminuir a temperatura no ambiente externo com o propósito de proteger

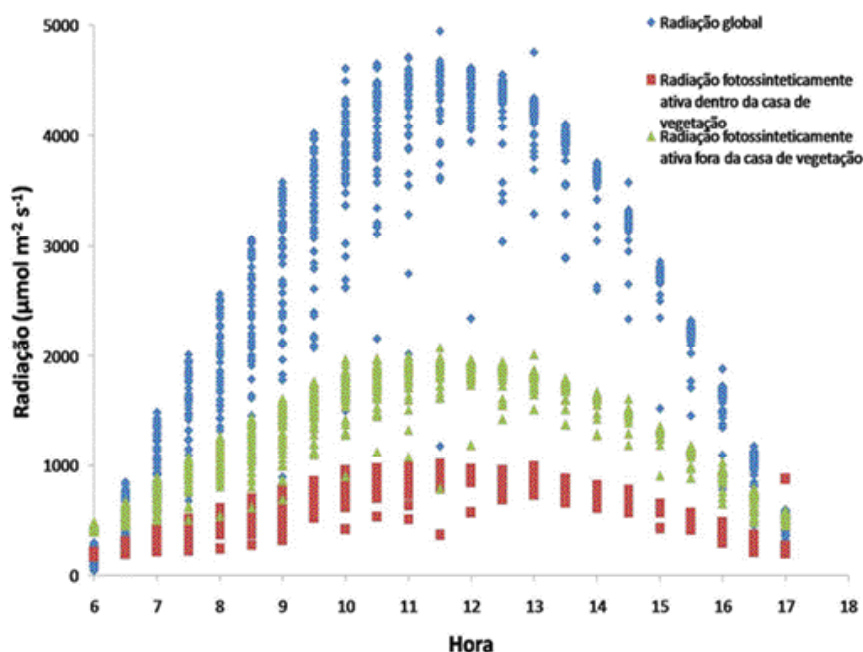


Figura 2. Valores da radiação global e fotossinteticamente ativa no ambiente protegido e externo, nos meses de setembro a novembro de 2008. UFC, Fortaleza – Ceará, 2008.

Tabela 2. Valores dos quadrados médios das trocas gasosas das culturas estudadas no ambiente protegido e externo, nos meses de setembro a novembro de 2008. UFC, Fortaleza – Ceará, 2008.

Fonte de Variação	Quadrados médios				
	Condutância estomática	Taxa de fotossíntese	Concentração interna de CO ₂	Transpiração	Temperatura da folha
Ambiente	0,265**	963,40**	17822,25**	18,30**	5581406*
Cultura	0,24**	1696,10**	5148,06ns	1,60**	605576,6**
Coleta * Cult	0,35**	140,16**	14582,02**	12,05**	7236823**
Resíduo	0,17E-01	13,38	1392,66	0,14	0,8610258
CV(%)	29,90	14,47	19,01	6,98	25,059

*Significativo pelo teste F a 5%; **Significativo pelo teste F a 1%; ***Não significativo.

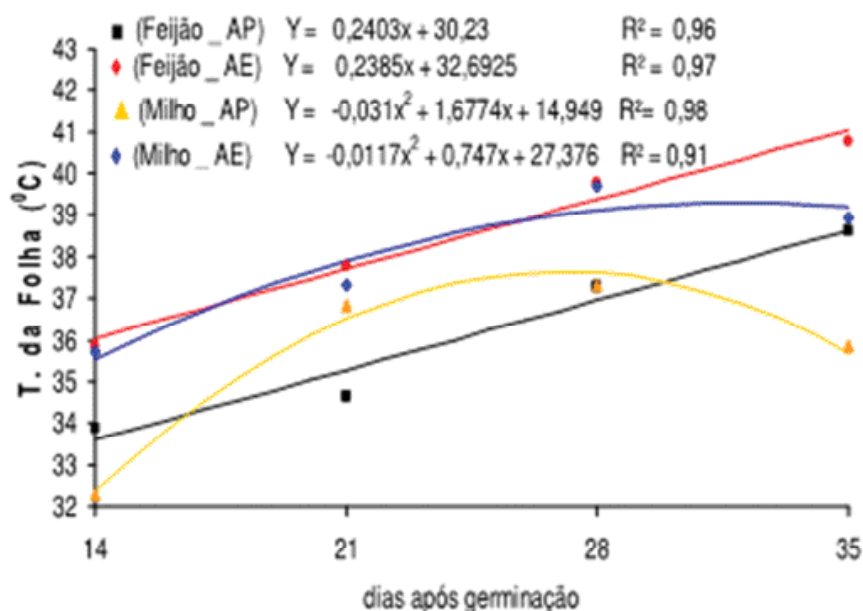


Figura 3. Valores da temperatura da folha das culturas estudadas no ambiente protegido e externo, nos meses de setembro a novembro de 2008. UFC, Fortaleza – Ceará, 2008.

culturas sensíveis do excesso de radiação. Freitas et al. (2003), estudando a influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café, observou que as maiores temperaturas foliares foram mantidas a pleno sol seguidas do nível 30% e 50% de sombra, e as menores com o maior sombreamento, de 70% de sombreamento.

A condutância estomática no milho foi maior nas culturas protegidas (Figura 4), podendo ser explicado por uma intensidade maior de radiação no ambiente externo, levando à perda de água de

uma maneira mais rápida, ocasionando perda de potencial da água na folha das plantas, reduzindo sua turgescência e a condutância estomática. A condutância estomática diminui à medida que o potencial da água na folha se torna menor (BONO et al., 2001). Sabe-se que o potencial hídrico da folha é um dos fatores mais importantes que afetam o funcionamento dos estômatos.

Vale ressaltar que as flutuações das condições meteorológicas, como da velocidade do vento, ou o céu apresentar poucas nuvens, e outras, podem de alguma forma afetar a condutância estomática, tendo

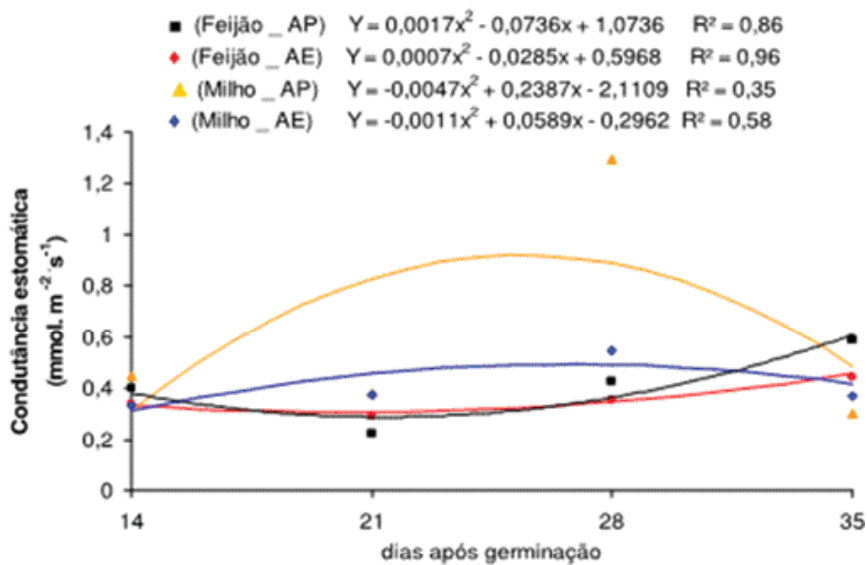


Figura 4. Valores da condutância estomática das culturas estudadas no ambiente protegido e externo, nos meses de setembro a novembro de 2008. UFC, Fortaleza – Ceará, 2008.

em vista que, para níveis semelhantes de radiação fotossinteticamente ativa, são encontradas diferentes condutâncias.

Os valores de condutância estomática obtidos, para as culturas no ambiente protegido podem ser considerados baixos em comparação com valores de condutância que são típicos para o milho. Alguns

fatores podem ter influenciado esses valores: talvez o mais importante, é o fato do experimento ter sido conduzido fora da melhor condição para o desenvolvimento do milho.

O feijão-de-corda teve um comportamento muito parecido ao longo do período de avaliação, onde a maior diferença entre os valores de condutância

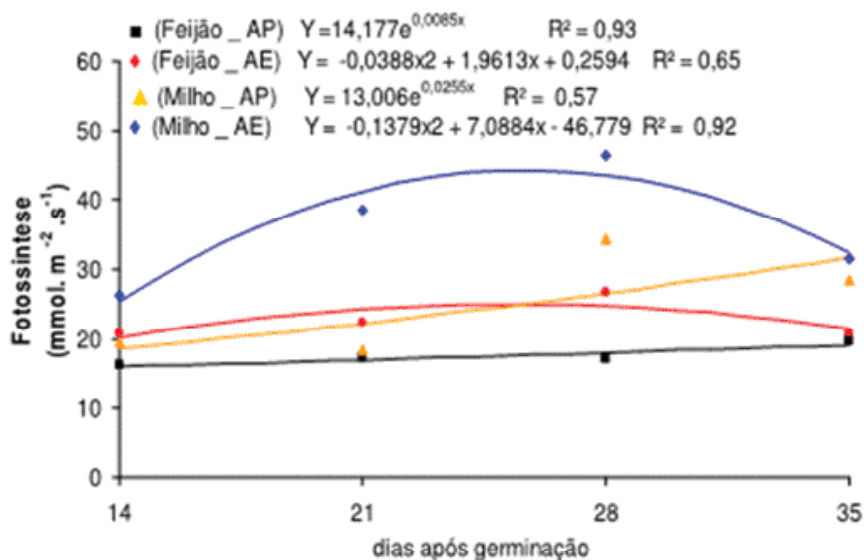


Figura 5. Valores da Taxa de fotossíntese (A) das culturas estudadas no ambiente protegido e externo, nos meses de setembro a novembro de 2008. UFC, Fortaleza – Ceará, 2008.

estomática se deu no final do experimento, obtendo melhor resposta em ambiente protegido. Paiva et al. (2005), estudando o efeito da condutância estomática em folhas de feijoeiro em diferentes regimes de irrigação, observou que, a planta sob melhor condição hídrica durante o estágio vegetativo apresentou maior condutância estomática.

Nota-se na Figura 5 que, tanto para a cultura do feijão-de-corda como para o milho a taxa de fotossíntese foi maior no ambiente externo em ambas as culturas. O milho foi mais eficiente em relação à taxa de fotossíntese, por se tratar de uma planta C_4 , diferente do feijão-de-corda que é uma planta do tipo C_3 . As maiores taxas de fotossíntese líquida nas plantas C_4 se devem à capacidade de concentrar CO_2 no sítio de atuação da Rubisco, o que reduz as perdas no processo fotorrespiratório, o qual é elevado nas plantas C_3 (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Casaroli et al. (2007), estudando a radiação solar e aspectos fisiológicos da cultura da soja, observaram que, por ser uma espécie do tipo C_3 , não é tão eficaz no aproveitamento da energia solar quando comparada com as espécies C_4 . Isso ocorre devido, provavelmente, ao fato de que a fotorrespiração é um processo quase ausente nestas plantas, ou seja, a fotossíntese líquida não é inibida pela alta concentração de O_2 em altas temperaturas

e irradiâncias. Assim, as plantas C_4 apresentam melhor desempenho em altas temperaturas e altas irradiâncias devido à menor perda de carbono pela fotorrespiração.

A diminuição da taxa fotossintética no ambiente protegido pode ser uma resposta das culturas à menor quantidade de radiação solar, ligados a fatores fotoquímicos e bioquímicos. Em experimentos feitos em folhas individuais tem sido mostrado que o aumento do fluxo de radiação solar resulta em uma maior taxa de assimilação de carbono, ou seja, fotossíntese (BERNADETE, 2002).

Em relação à transpiração para ambas as culturas (Figura 6), o gráfico mostrou maiores índices para as culturas exposta as condições externas, uma vez que, as culturas estão submetidas às temperaturas mais elevadas. Segundo Taiz e Zeiger (2004), a transpiração é um processo que envolve a evaporação da água da superfície das células do mesófilo para os espaços intercelulares das folhas e a difusão do vapor de água das folhas para o meio.

Em relação à concentração interna de CO_2 para a cultura do feijão-de-corda, foram observados maiores valores para as culturas cultivadas em ambiente protegido. Para o milho a concentração interna de CO_2 foi maior no início do experimento, tendo um melhor comportamento na cultura em

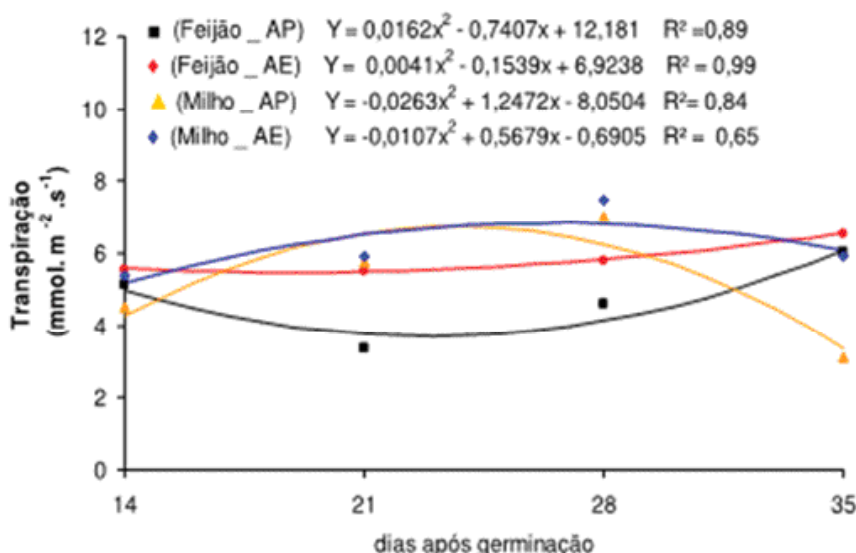


Figura 6. Valores da transpiração (E) das culturas estudadas no ambiente protegido e externo, nos meses de setembro a novembro de 2008. UFC, Fortaleza – Ceará, 2008.

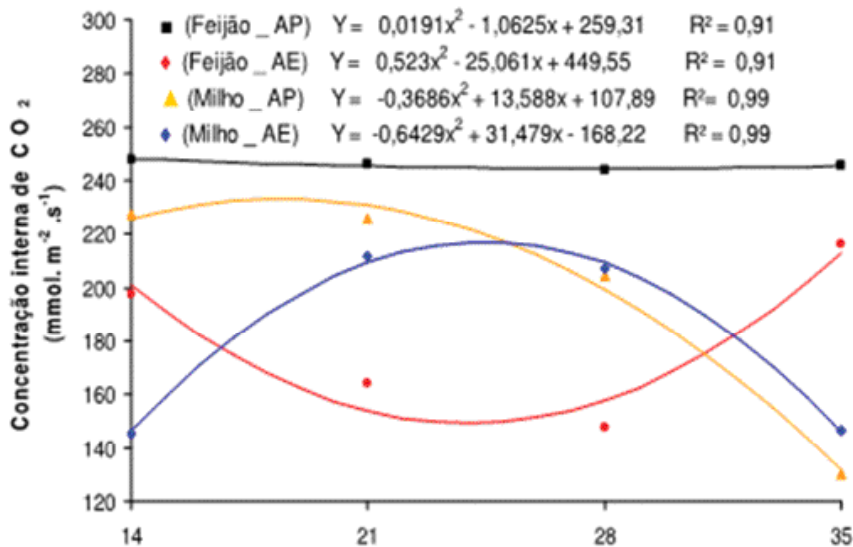


Figura 7. Valores da concentração interna de CO₂ das culturas no ambiente protegido e externo, nos meses de setembro a novembro de 2008. UFC, Fortaleza – Ceará, 2008.

ambiente protegido, e no final observou-se que, a maior concentração interna de CO₂, para o milho, pertencia às culturas em ambiente externo.

O comportamento da Figura 7 pode ser explicado por Machado e Lagoa (1994), que estudando as trocas gasosas e condutância estomática em três espécies de gramíneas, afirma que o aumento da taxa de fotossíntese provoca queda na concentração interna de CO₂, exercendo forte efeito retroativo, podendo, conseqüentemente, provocar queda na taxa de fotossíntese. Os resultados obtidos no presente estudo também mostram que os maiores valores da concentração interna de CO₂ nas plantas cultivadas em ambientes protegidos (Figura 7) se correlacionaram com os menores valores de taxa de fotossíntese, notadamente nas folhas de feijão-de-corda (Figura 5).

Conclusões

O uso de telados que permitiram a passagem de 50% de radiação global provocou diferentes reações nas culturas estudadas.

Os valores de velocidade do vento (U) e radiação fotossinteticamente ativa (PAR) no interior do ambiente protegido foram sempre menores que os valores obtidos no ambiente externo.

Houve mudanças tanto morfológicas quanto fisiológicas para ambas as culturas estudadas, tendo essas mudanças o objetivo de tornar a planta o mais aclimatizada possível às condições adversas.

Referências

Apresentadas no final da versão em inglês.

