

## CRESCIMENTO E TEORES DE PIGMENTOS FOLIARES EM FEIJÃO-CAUPI CULTIVADO SOB DOIS AMBIENTES DE LUMINOSIDADE<sup>1</sup>

ELONHA RODRIGUES DOS SANTOS<sup>2\*</sup>, PAULO ROGÉRIO SIRIANO BORGES<sup>3</sup>, SUSANA CRISTINE SIEBENEICHLER<sup>4</sup>, ANTONIA PINTO DE CERQUEIRA<sup>2</sup>, PAULO ROBERTO PEREIRA<sup>2</sup>

**RESUMO** - Objetivou-se avaliar o crescimento e o acúmulo de pigmentos foliares em plantas de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) mantidas sob duas condições de luminosidade. Os tratamentos testados foram: ambiente normal (pleno sol) e ambiente artificial (50% de luminosidade). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, com dois tratamentos e vinte e duas repetições. Por possuir grande valor econômico e cultural no estado do Tocantins a cultivar escolhida para ser estudada foi a Vinagre. Para análise de crescimento foram realizadas coletas aos 10, 20, 30 e 40 dias após a emergência (DAE) e aos 50 DAE para a determinação dos teores de clorofila a, b, total e conteúdo de carotenóides. Observou-se interação significativa para as características comprimento da haste principal, área foliar, massa fresca e teores de clorofila a, b, total e carotenóides das plantas cultivadas em ambiente artificial. A cultivar estudada apresentou plasticidade quando submetida à baixa luminosidade, como mudanças morfológicas no comprimento da haste principal e área foliar, bem como alterações na quantidade de pigmentos foliares.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*. Sombreamento. Área foliar. Clorofila.

## GROWTH AND YIELD OF LEAF PIGMENTS IN COWPEA BEANS GROWN IN TWO LIGHT ENVIRONMENTS

**ABSTRACT** - This paper aimed to evaluate the growth and accumulation of pigments in leaves of cowpea plants kept under two light conditions. The experimental design was carried out by using two randomized blocks with two treatments and twenty-two repetitions. The tested treatments were: natural environment (full sun) and artificial environment (50% light). The evaluated variety of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) was the Vinegar, which has indeterminate growth habit. For growth analysis samples were taken at 10, 20, 30 and 40 days after emergence (DAE) and 50 DAE for determining the levels of a, b, and total chlorophyll and carotenoids content. Significant interaction was observed for the characteristics of the main stem length, leaf area, fresh weight and a, b, and total chlorophyll and carotenoids from plants grown in artificial environment. The studied type showed plasticity when subjected to low light, such as morphological changes in the length of main stem and leaf area, as well as changes in the amount of leaf pigments.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*. Shading. Leaf area. Chlorophyll.

\* Autor para correspondência.

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 09/02/2010; aceito em 09/05/2011.

<sup>2</sup>Departamento de Fitotecnia, CUG/UFT, Caixa Postal 66, 77402-970, Gurupi - TO; elonharodrigues@yahoo.com.br; antoniacerqueir@yahoo.com.br; paulo\_roberto19@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Departamento de Ciência dos Alimentos, UFLA, 37200-000, Lavras - MG; paulosiriano@uft.edu.br

<sup>4</sup>Departamento de Fisiologia, CUG/UFT, Caixa Postal 66, 77402-970, Gurupi - TO; susana@uft.edu.br

## INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), pertencente à família Fabaceae, é uma planta anual, cuja região de origem mais provável situa-se na parte oeste e central da África. Essa planta apresenta metabolismo fotossintético do tipo C<sub>3</sub>, saturando-se fotossinteticamente a intensidades de luz relativamente baixas. Essa cultura apresenta grande importância socioeconômica, principalmente nas regiões norte e nordeste do Brasil, onde é cultivada principalmente, na agricultura familiar, sendo o prato básico das classes de menor poder aquisitivo (TEÓFILO et al., 2008).

O sombreamento reduz a eficiência global de interceptação de luz, reduzindo o ganho de carbono e afeta o crescimento e a produtividade das plantas. Os diferentes graus de luminosidade causam mudanças morfofisiológicas nas plantas e o grau de adaptação é ditado por características genéticas em interação com o meio ambiente (MORAES NETO et al., 2000). Segundo Li et al. (2000) as plantas podem perceber mudanças na composição de vermelho e vermelho-distante do ambiente, ajustando-se morfológica e fisiologicamente por meio do fitocromo.

Assim, a relação vermelho/vermelho-distante é considerada um fator importante nas respostas mediadas pelo fitocromo, sendo assim, muitas plantas mostram um rápido e pronunciado aumento na taxa de alongamento de caules e pecíolos, e frequentemente, expandem as folhas e órgãos de armazenamento (FRANKLIN; WHITELAM, 2005).

Vários estudos têm evidenciado a plasticidade morfofisiológica de espécies vegetais em relação à radiação fotossinteticamente ativa, demonstrando que a qualidade da luz influencia no crescimento e desenvolvimento das plantas alterando características como comprimento do caule e pecíolo, área foliar, matéria seca, partição de biomassa, número de perfilhamento e ramificações, conteúdo de nitrogênio e também nos teores de pigmentos foliares como clorofilas a, b, totais e conteúdo de carotenóides (ZANELLA et al., 2006; GONDIM et al., 2007; LÁZARO et al., 2009; MARTUSCELLO et al., 2009).

Para Engel e Poggiani (1991) um dos fatores ligados à eficiência fotossintética e consequentemente ao crescimento e adaptabilidade a diversos ambientes são os pigmentos foliares como as clorofilas a, b e também os carotenóides, onde as folhas de sombra apresentam maior concentração de clorofila por grama de matéria seca do que folhas expostas diretamente ao sol, assim, a combinação das clorofilas a, b e dos pigmentos acessórios capacitam as plantas a captarem a maior quantidade de radiação solar fotossinteticamente ativa.

O feijão-caupi é bastante usado como cultura consorte, prática agrônômica que reduz a intensidade luminosa sobre o dossel das plantas. Para Cavalcante et al. (2005) esse sombreamento parcial parece não afetar a assimilação de carbono. O feijão-caupi con-

sorciado com outras espécies tem sido objeto de vários estudos, incluindo as culturas de sorgo (TÁVORA et al., 2007), mandioca (DEVIDE et al., 2009) e milho (GUEDES et al., 2010; FERREIRA et al., 2010). Apesar de estes trabalhos mostrarem o rendimento do feijão-caupi em consórcio, não se tem informações sobre o seu crescimento e teores de pigmentos foliares em ambiente sombreado.

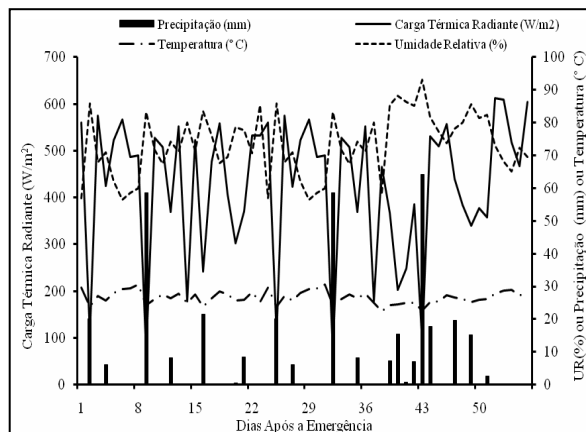
Nesse contexto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar o crescimento e o acúmulo de pigmentos foliares em plantas de feijão-caupi cultivadas em ambiente normal (pleno sol) e ambiente artificial (50% de luminosidade).

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no período de outubro a dezembro de 2007, na Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi - TO, localizada a 11° 43' S e 49° 04' W e 280 m altitude.

De acordo com a classificação de Köppen o clima local é do tipo B1wA'a' úmido, com moderada deficiência hídrica. A temperatura média anual varia de 22 a 32 °C, com umidade relativa média do ar em torno de 76% e precipitação anual média de 1.400 mm.

Durante o período de estudo os dados climáticos foram coletados da Estação Meteorológica do Campus Universitário de Gurupi - TO, com distância aproximada de 50 m da área experimental e encontram-se na Figura 1.



**Figura 1.** Médias diárias de carga térmica radiante ( $W/m^2$ ), umidade relativa do ar (%), temperatura média ( $^{\circ}C$ ) e total diário de precipitação pluvial (mm), ocorridas durante o período de 25 de outubro a 04 de dezembro de 2007, Gurupi, TO.

O experimento foi implantado em 25 de outubro de 2007, em sacos de polietileno preto com capacidade de 6,5 L. Como substrato utilizou-se um latossolo vermelho amarelo distrófico, textura franco argilo arenoso, com as seguintes características químicas pH = 5,3; Al = 0,35  $cmol_c dm^{-3}$ ;  $Ca^{2+} + Mg^{2+} = 2,88 cmol_c dm^{-3}$ ;  $K^+ = 0,04 cmol_c dm^{-3}$ ; P = 13,9 mg

$\text{dm}^{-3}$ ; matéria orgânica =  $18,2 \text{ g dm}^{-3}$ ; areia =  $622,0 \text{ g kg}^{-1}$ ; silte =  $37,0 \text{ g kg}^{-1}$ ; argila =  $314 \text{ g kg}^{-1}$ .

O delineamento experimental adotado foi o de blocos inteiramente casualizado com 22 repetições. Os tratamentos testados foram: ambiente normal (pleno sol) e ambiente artificial (50% de luminosidade) esse em área de viveiro coberto com tela de náilon preto (sombrite 50%). A cultivar de feijão-caupi usada foi a Vinagre, que apresenta ciclo médio, porte prostrado, hábito de crescimento indeterminado e grãos de cor vermelha, e que possui grande valor econômico e cultural no Estado do Tocantins, sendo cultivada principalmente na agricultura familiar.

Foram semeadas cinco sementes por recipiente e aos cinco dias após a emergência (DAE) realizou-se o desbaste deixando apenas duas plantas por vaso. A adubação química foi feita de acordo com a recomendação da cultura mediante análise de solo adequada ao cultivo em vaso, utilizados  $1,5 \text{ g}$  de uréia;  $6,0 \text{ g}$  de superfosfato simples e  $2,0 \text{ g}$  de cloreto de potássio por recipiente. Adotou-se o sistema de irrigação por aspersão, com turno de rega diário até o solo atingir 65 a 70% da capacidade de campo, sendo realizada de forma suplementar após o estabelecimento do regime pluviométrico.

Para avaliação de crescimento foram coletadas oito plantas, escolhidas ao acaso de cada tratamento aos 10, 20, 30 e 40 DAE. As características avaliadas foram: comprimento da haste principal da planta (CHP), obtida da base do colo até o ápice caulinar utilizando uma trena graduada; área foliar do trifólio totalmente expandido (AF), usando o medidor de área foliar modelo CI-202 (CID, Inc.). Para massa fresca (MF) e massa seca (MS) da parte aérea da planta, as amostras foram pesadas para obtenção de massa verde em balança analítica, com precisão de  $0,001 \text{ g}$ ; em seguida, foram colocadas em estufa com circulação forçada a  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  até atingirem massa constante, obtida na balança citada anteriormente. A taxa de crescimento absoluto (TCA) foi determinada segundo Benincasa (2003) com uso da equação:

$$TCA = (P_2 - P_1) / (t_2 - t_1)$$

onde:

$P_2$ : valores obtidos aos 40 DAE;  $P_1$ : valores obtidos aos 10 DAE;  $t_2$ : dias após a emergência para última avaliação;  $t_1$ : dias após a emergência para primeira avaliação.

Os teores dos pigmentos foliares (clorofilas e carotenóides) foram determinados aos 50 DAE, no estágio fenológico R1, ou seja, no início do florescimento. Utilizaram-se dez plantas por tratamento tomadas aleatoriamente. De cada planta retirou-se o trifólio completamente expandido, que foi imediatamente acondicionados em papel alumínio e colocado em caixa de isopor com gelo; destes foram retirados três discos sem nervuras pesando aproximadamente  $100 \text{ mg}$ .

O método para extração dos pigmentos folia-

res foi de clorofila 80% conforme proposto por Lichtenhaler (1987), onde as clorofilas e carotenóides foram extraídos dos tecidos foliares em cinco mL de acetona 80%, sob condição de luz verde por maceração em almofariz, adicionando-se  $10 \text{ mg}$  de carbonato de cálcio diretamente por amostra. Após a maceração realizou-se a filtragem da solução usando papel de filtro, em seguida esse papel foi lavado com  $35 \text{ mL}$  de acetona 80% e o volume ajustado para  $50 \text{ mL}$  em um balão volumétrico com acetona 80%. A quantificação dos pigmentos foliares foi determinada por espectrofotometria, sendo as leituras de absorbância realizadas a  $663,2$ ;  $646,8$  e  $470 \text{ nm}$  para os pigmentos de clorofila a, b e carotenóides, respectivamente. Os valores dos pigmentos foliares foram expressos em  $\text{mg.g}^{-1} \text{ MS}$ , e calculados de acordo com as equações proposta pelo mesmo autor.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o uso do programa estatístico SISVAR.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a característica comprimento da haste principal (CHP) (Tabela 1), as plantas cultivadas em ambiente artificial apresentaram diferença significativamente em todas as coletas realizadas sendo, entretanto, 32%, 47%, 82% e 74% superiores as plantas cultivadas em ambiente normal para a primeira, segunda, terceira e quarta coletas, respectivamente.

Segundo Taiz e Zeiger (2009), plantas crescendo em ambiente com espectro de luz abundante em vermelho extremo (ambientes sombreados) tendem a expandir-se longitudinalmente (aumento na altura), como resposta à aclimação a condição que desfavorece a atividade fotossintética.

Verificou-se na Tabela 2, que a taxa de crescimento absoluto para CHP nas plantas cultivadas em condição normal foi 77% inferior em relação às plantas submetidas ao sombreamento. Os resultados obtidos no presente trabalho estão de acordo com outros estudos, como Lázaro et al. (2009) avaliando estilosantes (*Stylosanthes guianensis*), onde observaram maior CHP na condição de 50% de luminosidade quando comparadas com as plantas cultivadas a pleno sol. Resultados semelhantes também foram encontrados por Zanella et al. (2006) e Martuscello et al. (2009) estudando outras espécies em ambiente com baixa radiação incidente.

A área foliar foi significativamente afetada pelo sombreamento (Tabela 1), onde as plantas submetidas ao ambiente artificial apresentaram em média 32% a mais de área foliar do que às plantas cultivadas no ambiente normal. Verificou-se ainda na Tabela 2, diferença significativa para a taxa de crescimento absoluto para essa característica sendo, entretanto, 25% superior no ambiente artificial. Essa maior superfície foliar observada em todas as avalia-

ções, possivelmente, tenha ocorrido devido à necessidade das plantas ampliarem a superfície fotossintetizante para maximizar a absorção de luz. Para Gondim et al. (2007) e Martuscello et al. (2009) a expansão da área foliar é uma estratégia que permite ao vegetal expor as folhas a maior intensidade luminosa e assegurar um maior aproveitamento das baixas intensidades luminosas.

Resultados semelhantes, em área foliar, foram obtidos por Lázaro et al. (2009) em plantas de estilons submetidas a restrição luminosa de 30% e 50%; Martuscello et al. (2009) em plantas de *Brachiaria* com intensidade de sombreamento de até 70% e Lacerda et al. (2010) com plantas de milho e feijão em ambiente protegido.

Para a característica massa fresca verificou diferença significativa apenas aos 30 e 40 DAE (Tabela 1), onde as plantas em ambiente artificial apresentaram 120 e 303 g, enquanto o valor observado para as plantas cultivadas em ambiente normal foi de 81 e 227 g, respectivamente. Notou-se que a taxa de incremento para essa característica foi 26% superior no ambiente artificial (Tabela 2). Assim, os maiores valores verificados no ambiente artificial podem estar relacionados com a menor radiação incidente e com as temperaturas mais amenas, principalmente nas horas mais quentes do dia, como mostra o estudo realizado por Santana et al. (2009) com alface em ambientes sombreados na região do submédio de São Francisco-BA. A menor radiação incidente sobre o dossel das plantas no ambiente protegido contribui para minimizar as perdas de água por transpiração, resultando assim, em maior massa fresca quando comparadas com as plantas desenvolvidas a pleno sol.

Notou-se que até aos 20 DAE os valores para massa seca foram superiores nas plantas em ambiente normal (Tabela 1). Entretanto, houve uma inversão entre os 20 e 30 DAE e as plantas cultivadas em ambiente artificial apresentaram maiores valores para a característica avaliada, situação que permaneceu até aos 40 DAE. Esse resultado pode ser confirmado com a taxa de crescimento absoluto de massa seca (Tabela 2), que foi 22% superior nas plantas em ambiente artificial. Essa resposta pode ser decorrente das mudanças morfológicas (CHP e AF) apresentadas nas plantas cultivadas nesse ambiente.

Não foi verificada interação significativa para massa seca em nenhuma das coletas efetuadas (Tabela 1), assim esses resultados assemelham-se aos de Santana et al. (2009) com alface em ambientes sombreados na Bahia e divergem dos resultados de Zanella et al. (2006) com mudas de maracujá amarelo sob níveis de 30%, 50% e 80% luminosidade em Ji-Paraná/ RO, onde obtiveram maior massa seca para as condições de 50% e 80% de radiação incidente.

Verificou-se diferença significativa para os teores de clorofila a e b (Tabela 3), sendo o primeiro 34% e o segundo 39% superior no ambiente artificial. Resultados semelhantes também foram observados por Melo e Alvarenga (2009) com *Catharanthus roseus* em diferentes níveis de sombreamento. Para Scaloni et al. (2003), o aumento da clorofila b é um importante mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade luminosa, pois capta energia de outros comprimentos de onda transferindo-a para a clorofila a, que efetivamente atua nas reações fotoquímicas da fotossíntese.

**Tabela 1.** Comprimento da haste principal (CHP), área foliar (AF), massa fresca (MF) e massa seca (MS) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em ambiente normal (pleno sol) e ambiente artificial (50% de luminosidade).

| Ambiente   | CHP (cm) | AF (cm <sup>2</sup> ) | MF (g)   | MS (g)  |
|------------|----------|-----------------------|----------|---------|
| 10 DAE     |          |                       |          |         |
| Normal     | 10,50 b  | 41,60 b               | 9,80 a   | 1,40 a  |
| Artificial | 15,40 a  | 72,90 a               | 10,30 a  | 1,30 a  |
| CV(%)      | 12,80    | 18,00                 | 11,60    | 15,00   |
| 20 DAE     |          |                       |          |         |
| Normal     | 17,70 b  | 139,40 b              | 39,70 a  | 6,00 a  |
| Artificial | 33,60 a  | 204,00 a              | 37,50 a  | 5,00 a  |
| CV(%)      | 18,30    | 11,10                 | 17,20    | 19,50   |
| 30 DAE     |          |                       |          |         |
| Normal     | 25,30 b  | 214,60 b              | 81,00 b  | 9,20 a  |
| Artificial | 137,30 a | 280,90 a              | 120,30 a | 13,10 a |
| CV(%)      | 15,30    | 16,20                 | 18,80    | 19,00   |
| 40 DAE     |          |                       |          |         |
| Normal     | 69,00 b  | 222,10 b              | 226,80 b | 38,70 a |
| Artificial | 267,70 a | 313,80 a              | 303,10 a | 48,70 a |
| CV (%)     | 12,70    | 13,30                 | 10,30    | 20,00   |

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Taxa de crescimento absoluto (TCA)\* das variáveis comprimento da haste principal (CHP), área foliar (AF), massa fresca (MF) e massa seca (MS) de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em ambiente normal (pleno sol) e ambiente artificial (50% de luminosidade).

| Ambiente   | CHP (cm.dia <sup>-1</sup> ) | AF (cm <sup>2</sup> .dia <sup>-1</sup> ) | MF (g.dia <sup>-1</sup> ) | MS (g.dia <sup>-1</sup> ) |
|------------|-----------------------------|--|---------------------------|---------------------------|
| Normal     | 1,95 b**                    | 6,01 b                                   | 7,23 b                    | 1,24 a                    |
| Artificial | 8,41 a                      | 8,03 a                                   | 9,76 a                    | 1,58 a                    |
| CV (%)     | 7,02                        | 5,42                                     | 8,30                      | 12,09                     |

\*Valores de taxa de crescimento absoluto (TCA) obtidos segundo Benincasa (2003). \*\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**Tabela 3.** Teores de clorofila a (CLa), teores de clorofila b (CLb), teores de clorofila total (Total), razão entre os teores de clorofilas a e b (Rab) e carotenóides, de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) em ambiente normal (pleno sol) e ambiente artificial (50% de luminosidade).

| Ambiente   | CLa*                               | CLb*   | Total*  | Rab*   | Carotenóides* |
|------------|------------------------------------|--------|---------|--------|---------------|
|            | ..... (mg.g <sup>-1</sup> MS)..... |        |         |        |               |
| Normal     | 4,98 b**                           | 1,61 b | 6,59 b  | 3,80 a | 1,49 b        |
| Artificial | 7,50 a                             | 2,63 a | 10,13 a | 2,85 b | 1,90 a        |
| CV%        | 9,42                               | 8,89   | 6,13    | 3,33   | 7,82          |

\*Dados obtidos de feijão-caupi aos 50 DAE.

\*\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Para clorofila total, as plantas cultivadas em ambiente artificial, também apresentaram valores significativamente superiores quando comparado as plantas cultivadas em ambiente normal (Tabela 3), esses resultados corroboram com os obtidos por Martinazzo et al. (2007) com sombreamento em mudas de *Eugenia uniflora* Linn.

Notou-se que independente dos níveis de luminosidade, o teor de clorofila a foi superior ao de clorofila b e que no ambiente artificial houve uma redução significativa na relação clorofila a/b (Tabela 3). Resultados semelhantes também foram obtidos por Zanella et al. (2006), onde observaram maior relação de clorofila a/b nas mudas de *Passiflora edulis* cultivadas a pleno sol. Segundo Kozłowski et al. (1991) a proporção entre clorofilas a e b, tende a diminuir com a redução da intensidade luminosa, devido a uma maior proporção relativa de clorofila b em ambiente sombreado. De acordo com Critchley (1999) esse aumento de clorofila b em relação à clorofila a, ocorre devido a uma maior proporção do fotossistema II que é mais rico em clorofila b, uma vez que este fator está diretamente relacionado com a capacidade das plantas em maximizar a captura de luz em condições de maior sombreamento.

Ainda na Tabela 3, observou-se que os valores para conteúdo de carotenóides nas plantas mantidas em ambiente artificial apresentaram níveis mais elevados para esses pigmentos, diferindo significativamente dos valores obtidos no ambiente normal. Assim, esses resultados corroboram aos obtidos por Melo e Alvarenga (2009), com plantas de *Catharanthus roseus*, em ambiente sombreado. Segundo Taiz

e Zeiger (2009) os carotenóides são responsáveis pela absorção de comprimentos de onda diferentes daqueles da clorofila a e b, aumentando assim, a eficiência da planta na captação de luz.

Os maiores teores de pigmentos foliares (clorofila a, b e carotenóides) obtidos nas plantas cultivadas em ambiente artificial (Tabela 3) não influenciaram de forma significativa na produção de massa seca das plantas desenvolvidas nesse ambiente (Tabela 1), demonstrando assim, que esses pigmentos não são diretamente os principais responsáveis pelo acúmulo de massa seca ao longo do tempo como pode ser comprovado pela taxa de crescimento absoluto que não sofreu diferenciação significativa entre os tratamentos testados (Tabela 2).

## CONCLUSÕES

A cultivar Vinagre de feijão-caupi, apresenta plasticidade quando submetida à baixa luminosidade como mudanças morfológicas no comprimento da haste principal e área foliar com fins de aclimação ao ambiente. Essa cultivar possui ainda a capacidade de alterar seu fotossistema em termos de quantidade de pigmentos e de composição relativa de clorofilas a, b e carotenóides.

## REFERÊNCIAS

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de**

- plantas, **noções básicas**. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- CAVALCANTE, F. S. et al. Avaliação da viabilidade do consórcio de mandioca e feijão comum em latossolo amarelo do Brejo paraibano. **Revista Agropecuária Técnica**, Areia, v. 26, n. 2, p. 23-97, 2005.
- CRITCHLEY, C. **Concepts in photobiology**: photosynthesis and photomorphogenesis. New Delhi: Narosa publishing House, 1999. 587 p.
- DEVIDE, A. C. P. et al. Produtividade de raízes de mandioca consorciada com milho e caupi em sistema orgânico. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 145-153, 2009.
- ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.
- FERREIRA, V. M. et al. Performance produtiva do consórcio milho – feijão caupi e disponibilidade hídrica do solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 2, p. 177-186, 2010.
- FRANKLIN, K. A.; WHITELAM, G. C. Phytochromes and shade-avoidance responses in plants. **Annals of Botany**, v. 96, n. 2, p. 169-175, 2005.
- GONDIM, A. R. O. et al. Crescimento, partição de fotoassimilados e produção de rizomas de taro cultivado sob sombreamento artificial. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 418 - 428, 2007.
- GUEDES, R. E. et al. Consórcios de caupi e milho em cultivo orgânico para produção de grãos e espigas verdes. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 174-177, 2010.
- KOZLOWSKI, T. et al. **The physiological ecology of woody plants**. San Diego: Academic Press, 1991. 308 p.
- LACERDA, C. F. et al. Análise de crescimento de milho e feijão sob diferentes condições de sombreamento. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 18-24, 2010.
- LÁZARO, C. C. M., et al. Interferência do sombreamento no desempenho de genótipos de *Stylosanthes guianensis*. **Científica**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 1-8, 2009.
- LI, S. et al. Growth responses of chrysanthemum and Bell pepper transplants to photoselective plastic films. **Scientia Horticulturae**, v. 84, n. 3, p. 215-225, 2000.
- LICHTENTHALER, H. K. **Methods in enzymology**. New York: Academic, 1987. 382 p.
- MARTINAZZO, E. G. et al. Efeito do Sombreamento sobre o crescimento inicial e teor de clorofila foliar de *Eugenia uniflora* Linn – Família Myrtaceae. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 162-164, 2007.
- MARTUSCELLO, J. A. et al. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.
- MELO, A. A. M.; ALVARENGA, A. A. Sombreamento de plantas de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don ‘Pacifica White’ por malhas coloridas: desenvolvimento vegetativo. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 514-520, 2009.
- MORAIS NETO, S. P. et al. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 35-45, 2000.
- SANTANA, C. V. S. et al. Desempenho de cultivares de alface americana em ambientes sombreados na região do submédio São Francisco–BA. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 60-64, 2009.
- SCALON, S. P. Q. et al. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns Sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 753-758, 2003.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 722 p.
- TÁVORA, F. J. A. F. et al. Sistemas de consórcio do milho, sorgo e feijão-caupi em séries de substituição. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 3, p. 311-317, 2007.
- TEÓFILO, E. M. et al. Potencial fisiológicos de sementes de feijão caupi produzidas em duas regiões do estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 39, n. 3, p. 443-448, 2008.
- ZANELLA, F. et al. Formação de mudas de maracujazeiro amarelo sob níveis de sombreamento em Jiparaná/RO. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 880-884, 2006.