

## Production of lettuce seedlings under different substrates and proportions of rice hulls

Gilson Araujo de Freitas<sup>1,\*</sup>, Hélio Bandeira Barros<sup>1</sup>, Manoel Mota dos Santos<sup>1</sup>, Ildon Rodrigues do Nascimento<sup>1</sup>, Jefferson da Luz Costa<sup>2</sup>, Rubens Ribeiro da Silva<sup>1</sup>

### ABSTRACT

Success in lettuce production is initiated by obtaining good quality planting material, because it will lead to malformed plants with production below its genetic potential. The objective was to evaluate the production of lettuce under different substrates and proportions of rice hulls. The experimental design was completely randomized design with four replications. Treatments were arranged in a 4x5 factorial, four kinds of substrates (PlantHort I, PlantHort II, PlantHort III and substrate Plantmax<sup>®</sup>) and five levels of carbonized rice straw (0, 25, 50, 75, 100%). The morphological and physiological characteristics were evaluated chlorophyll a and b, leaf area, specific leaf area, leaf area ratio, ratio of leaf mass, stem and root at 24 days after sowing. The addition of increasing proportion of carbonized rice husk promotes reduction in morphological and physiological characteristics of lettuce. Regardless of the proportion of bark substrates PlantHort I, PlantHort II, PlantHort III, promote greater production and even distribution of assimilates in the shoot / root, compared to Plantmax<sup>®</sup>, this condition ensures that only the root system growth over the air. The alternative substrates provide seedlings of lettuce best quality at the expense of the substrate Plantmax<sup>®</sup>.

**Key words:** Alternative substrates, plantmax, *Lactuca sativa*.

## Produção de mudas de alface sob diferentes substratos e proporções de casca de arroz carbonizada

### RESUMO

O sucesso na produção de alface é iniciado pela obtenção de mudas de boa qualidade, pois se mal formadas darão origem a plantas com produção abaixo de seu potencial genético. Assim, objetivou-se avaliar a produção de mudas de alface sob diferentes substratos e proporções de casca de arroz carbonizada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 4x5, sendo quatro tipos de substratos (PlantHort I, PlantHort II, PlantHort III e substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>) e cinco níveis palha de arroz carbonizada (0, 25, 50, 75, 100%). As características morfofisiológicas avaliadas foram teor de clorofila a e b, área foliar, área foliar específica, razão da área foliar, razão da massa foliar, caulinar e radicular aos 24 dias após a semeadura. A adição de proporção crescente de casca de arroz carbonizada promove redução nas características morfofisiológicas das mudas de alface. Independente da proporção de casca, os substratos PlantHort I, PlantHort II e PlantHort III, promovem maior produção e distribuição equilibrada de fotoassimilados na parte aérea/raiz, em comparação ao substrato Plantmax<sup>®</sup>, que assegura nessa condição apenas o crescimento do sistema radicular em detrimento do aéreo. Os substratos alternativos proporcionam produção de mudas de alface de melhor qualidade em detrimento do substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>.

**Palavras chave:** Substratos alternativos, Plantmax, *Lactuca sativa*

\*Autor para correspondência.

<sup>1,\*</sup>Departamento de Ciências Agrárias e Tecnológicas; Universidade Federal do Tocantins; 77402-970; Gurupi - TO - Brasil, [araujoagro@hotmail.com](mailto:araujoagro@hotmail.com)

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia, Universidade Federal do Paraná; Curitiba - Brasil.

## INTRODUÇÃO

Entre as olerícolas, a alface (*Lactuca sativa* L.) compõe uma parcela importante na dieta da população, tanto pelo sabor e qualidade nutritiva e quanto pela disponibilidade no mercado (Marques et al., 2003). Além disso, é a hortaliça tradicionalmente cultivada por pequenos produtores, sendo de grande importância econômica e social, contribuindo na fixação do homem no campo (Villas Boas et al., 2004).

Os substratos orgânicos são bastante usados na produção de mudas (Alves et al., 2012), sobretudo na produção de hortaliças (Abreu et al., 2002). Parte dos substratos produzidos usam turfa como componente principal, mas são crescentes os esforços visando a substituição deste material, por componentes renováveis, devido a questões ambientais (Baumgarten, 2002).

O sucesso na produção agrícola inicia com a obtenção de mudas de boa qualidade, uma vez que, aquelas mal formadas darão origem a plantas com produção abaixo de seu potencial genético (Trani, 2004). No entanto, visando melhoria das propriedades físicas e químicas, torna-se necessário a utilização de diferentes componentes na formação de substratos na produção de mudas de hortaliças.

O substrato deve garantir por meio da fase sólida a manutenção mecânica do sistema radicular da planta, do suprimento de água e nutrientes pela fase líquida e oxigênio e transporte de dióxido de carbono entre as raízes e o ar externo pela fase gasosa (Minami & Puchala, 2000). Um substrato de qualidade proporciona retenção de água suficiente para a germinação, além de permitir a emergência das plântulas, conjuntamente com atributos de boa aeração para permitir a difusão de oxigênio às raízes, baixa resistência à penetração das raízes e resistência à perda de estrutura (Silva Júnior & Visconti, 1991).

Dentre os possíveis componentes para formação de um substrato está a casca de arroz carbonizada, resíduo de difícil decomposição e, por isso, é frequente o acúmulo nos pátios industriais causando impactos ambientais (Vasconcelos et al., 2012).

A casca de arroz carbonizada pode ser utilizada como componente de substrato alternativo em substituição à vermiculita e turfa, por apresentar porosidade adequada, troca gasosa na base das raízes, boa drenagem, ser firme e densa para fixar a muda, apresentar volume constante quando seca ou úmida e isenção de plantas daninhas e

patógenos (Bicca et al., 2011; Souza, 1993). Deve-se ressaltar a importância da mistura de diferentes componentes em um substrato para obtenção de mudas de qualidade superior em curto período de tempo (Menezes Júnior, 1998).

Pragana (1998) afirma que substratos alternativos podem ser usados com eficiência na produção de mudas. Assim, misturas ou substratos regionais que possam ser obtidos facilmente, tal como fibra de coco e casca de arroz carbonizada devem ser aproveitados. Albuquerque Neto et al. (2008) observaram que o substrato areia com fibra de casca de coco verde, na produção de rúcula, possibilitou alta produtividade e retenção de umidade. Barros Júnior (2001), quando trabalhou com diferentes tipos de substrato na cultura do pimentão, verificou que o número de folhas, comprimento da parte aérea e massa seca da parte aérea foram superiores em composto de subprodutos de caju e composto misto em relação ao substrato comercial *Plantmax*<sup>®</sup>.

A análise do crescimento das mudas é uma ferramenta utilizada para quantificar os componentes de crescimento, representando o primeiro suporte na avaliação da produção primária e por isto considerada um método eficaz para estudar a taxa fotossintética de produção (Nogueira et al., 1994). Com base em dados de crescimento das plantas pode-se fazer inferência sobre a eficiência fisiológica de forma bastante precisa entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas submetidas a ambientes diferentes (Benincasa, 2003) introduzidas de forma sistemáticas no ambiente de avaliação. O estudo do crescimento vegetativo é essencial à obtenção de plantas com alto valor comercial. Vários indicadores fitotécnicos podem ser utilizados para esta finalidade, como o número de folhas e a área foliar da planta, assim como o conteúdo de clorofila, características fisiológicas utilizadas para estimar o potencial fotossintético das plantas (Erismann et al., 2006). Neste sentido, objetivou-se avaliar a produção de mudas de alface sob diferentes substratos e proporções de casca de arroz carbonizada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT)/Campus Universitário de Gurupi (11°43'45" S de latitude, 49°04'07" W de longitude e 280 m de altitude), no período de janeiro a março de 2010. O clima

regional é do tipo B1wA'a' úmido com moderada deficiência hídrica (Köppen, 1948).

A produção das mudas foi realizada em bandejas de poliestireno expandido (Isopor<sup>®</sup>) com dimensões de 0,34 x 0,68 x 0,06 m de largura, comprimento e altura, respectivamente. Cada bandeja apresentava 128 células com volume de 40 cm<sup>3</sup>.

O experimento foi implantado seguindo um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, sendo que cada repetição possui oito plantas. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 4x5; sendo o primeiro fator constituído por quatro substratos (*PlantHort I*, *PlantHort II*, *PlantHort III* e substrato comercial

*Plantmax*<sup>®</sup>) e o segundo constituído de cinco níveis de casca de arroz carbonizada (CAC) nas proporções 0, 25, 50, 75, 100%.

Com isso, os tratamentos foram nomeados de: 1- *PlantHort I* Puro; 2- *PlantHort I* 25 CAC; 3- *PlantHort I* 50 CAC; 4- *PlantHort I* 75 CAC; 5- *PlantHort I* 100 CAC; 6- *PlantHort II* Puro; 7- *PlantHort II* 25 CAC; 8- *PlantHort II* 50 CAC; 9- *PlantHort II* 75 CAC; 10- *PlantHort II* 100 CAC; 11- *PlantHort III* Puro; 12- *PlantHort III* 25 CAC; 13- *PlantHort III* 50 CAC; 14- *PlantHort III* 75 CAC; 15- *PlantHort III* 100 CAC; 16- *Plantmax*<sup>®</sup> Puro; 17- *Plantmax*<sup>®</sup> 25 CAC; 18- *Plantmax*<sup>®</sup> 50 CAC e 19- *Plantmax*<sup>®</sup> 75 CAC; 20- *Plantmax*<sup>®</sup> 100 CAC.

**Tabela 1.** Caracterização química dos substratos alternativos e *Plantmax*<sup>®</sup>

Nutrientes	Composição química dos substratos				
	PlantHort I	PlantHort II	PlantHort III	Plantmax <sup>®</sup>	CAC
dag kg <sup>-1</sup>					
N	1,96	2,31	2,25	0,51	0,07
P	0,27	1,11	1,85	0,12	0,21
K	0,12	0,15	0,15	0,17	0,104
Mg	0,94	1,21	1,47	0,92	0,0005
Ca	0,83	1,70	3,15	0,41	0,0005
Na	0,08	0,16	0,22	0,03	0,037
Mn	0,02	0,02	0,02	0,01	-
Zn	0,36	0,07	0,13	1,35	0,002
Ni	0,01	0,01	0,01	-	-
Cu	0,01	0,01	0,01	-	0,0004

Foi utilizada a cultivar de alface Elba da empresa *Topseed*, que possui folhas consistentes, crespas e soltas, sem a formação de cabeça. No plantio, foram semeadas de três a cinco sementes nos diferentes substratos. Após germinação realizada o desbaste, deixando muda mais vigorosa. As plântulas foram submetidas a irrigação manual com início logo após a semeadura, sendo realizadas três aplicações diárias.

As plantas foram avaliadas aos 24 dias após a semeadura (DAS). Os indicadores avaliados foram: Área foliar (AF) em cm<sup>2</sup>, Área foliar específica (AFE) em cm<sup>2</sup>. g<sup>-1</sup>, Razão da área foliar (RAF) em cm<sup>2</sup>. g<sup>-1</sup>, Razão massa da folha (RMF) em g.g<sup>-1</sup>, Razão massa do caule (RMC) em g.g<sup>-1</sup>, Razão massa da raiz (RMR) em g.g<sup>-1</sup>, Clorofila *a* + *b* em µg.mL<sup>-1</sup> e Razão clorofila *a/b*.

A área foliar foi calculada pelo "método de discos", ou seja, coletaram-se seis discos/folha com diâmetro de 4 mm. A coleta foi realizada no

limbo foliar, região mediana da folha em cada repetição, evitando-se a amostragem da nervura central, conforme estudos de Huerta (1962) e Gomide et al. (1977). Em seguida, os discos foliares foram colocados em estufa com circulação de ar a 70 °C durante 36 horas para a obtenção da matéria seca. Utilizou-se procedimento semelhante para a secagem das folhas das quais foram retirados os discos foliares, cuja massa resultou do somatório das folhas com a dos discos foliares, obtendo-se a matéria seca total das folhas.

Dessa maneira, calculou-se a área foliar de cada planta através da equação:

$$AF = (n^{\circ} \text{ de discos} * AD * FSF) / FSD$$

Onde: AF é a área foliar em cm<sup>2</sup>; AD a área dos discos em cm<sup>2</sup>; FSF a fitomassa seca das folhas (g) e FSD a fitomassa seca dos discos (g).

O teor de clorofila foi obtida aos 24 dias após a semeadura. Foram realizados cortes das folhas

mediana e, imediatamente, foram acondicionadas em papel alumínio e colocadas em caixa de isopor contendo gelo, para evitar que as variações ambientais ocorridas durante o processo interferissem na análise do tecido vegetal. Após a coleta, as amostras foram levadas ao laboratório. De cada amostra foram retirados cinco discos foliares pesados em balança analítica e colocados em tubo de ensaio envolto em papel alumínio. Os discos foram imersos em 5 mL de dimetil sulfoxido (DMSO), tampados com papel alumínio e reservados numa sala sem iluminação por 24 horas, à temperatura ambiente. Em seguida as absorbâncias dos extratos foram lidas a 470; 646,2 e 663,8 nm, no espectrofotômetro com emissão de feixe de luz, utilizando como branco o DMSO. As concentrações de clorofilas a e b foram determinadas com base nas equações definidas por Wellburn (1994).

A área específica foliar (AFE) foi determinada pela relação entre a área foliar ( $\text{cm}^2$ ) e a massa foliar (g).

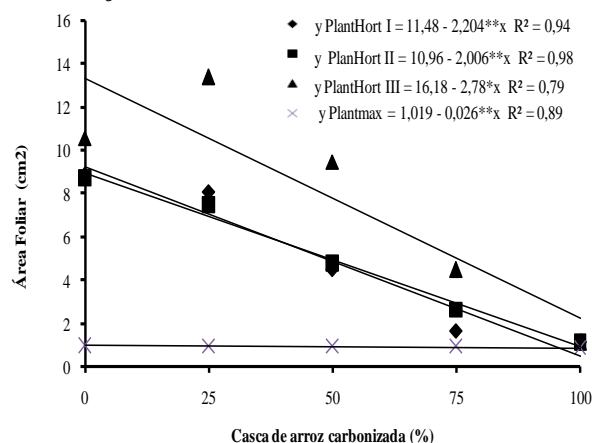
Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão, avaliando a significância dos betas e dos coeficientes de determinação utilizando o programa Statistic versão 7.0. Os gráficos referente as regressões foram dispostos utilizando o programa estatístico SigmaPlot versão 10.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento da proporção de casca de arroz carbonizada nos substratos avaliados promoveu redução linear significativa ( $p \leq 0,01$ ) no crescimento da área foliar nos substratos alternativos (Figura 1). Os substratos *PlantHort I*, *PlantHort II* e *PlantHort III* considerados alternativos, independentemente da proporção de CAC adicionada condicionaram os maiores crescimentos em área foliar em relação ao substrato comercial *Plantmax*<sup>®</sup>. Esse comportamento pode ser devido ao aporte nutricional superior dos substratos alternativos. A folha é o principal órgão no processo transpiratório, responsável pelas trocas gasosas entre a planta e o ambiente (Pereira et al., 1997), razão pela qual o conhecimento da superfície foliar torna-se de grande utilidade.

As mudas submetidas à proporção de 50% de CAC, apresentaram área foliar de 4,51, 4,78, 9,49 e 0,96  $\text{cm}^2$  respectivamente aos substratos *PlantHort I*, *PlantHort II*, *PlantHort III* e

*Plantmax*<sup>®</sup>. Na proporção de 75% de CAC também houve nos substratos alternativos, tendência das mudas de obterem maior área foliar, superando o substrato comercial *Plantmax*<sup>®</sup>. A maior área foliar permite maior taxa fotossintética e segundo Bakker (1994) a área foliar da cultura, sobretudo em culturas folhosas, é fundamental na produção de fotoassimilados e posteriormente distribuição e acúmulo de fitomassa.



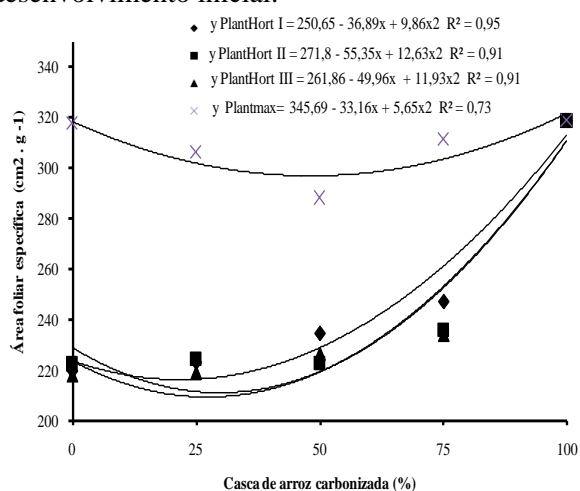
**Figura 1.** Área foliar de mudas de alface conduzidas em substratos com diferentes proporções de casca de arroz carbonizada aos 24 dias após emergência.

Plantas submetidas ao substrato CAC (100%) obtiveram os menores valores de área foliar. Essa resposta da planta é devido ao baixo aporte de nutrientes na CAC (Tabela 1). Além disso, o baixo investimento em área foliar, nas maiores proporções de CAC, pode estar relacionado a baixo crescimento da planta em altura de planta e massa seca foliar. De acordo com Medeiros (1999), a casca de arroz natural e carbonizada apresenta dificuldades na conservação de uma umidade homogênea quando utilizada como substrato único, indicando que para se obter uma maior eficiência como substrato deve-se empregá-la em mistura com outros materiais.

Como a fotossíntese depende da área foliar, o rendimento da cultura será maior quanto mais rápido a planta atingir o índice de área foliar máximo e quanto mais tempo a folha permanecer ativa (Pereira & Machado, 1987).

A área foliar específica (AFE) é uma medida estratégica da alocação da biomassa que reflete a área disponível para a captura de luz por unidade de fotoassimilados investidos nas folhas (Marañón & Grubb, 1993). A AFE relaciona a superfície da folha e com a massa seca da folha (Benincasa, 2003). O aumento na proporção de CAC nos

substratos condicionou resposta quadrática na área foliar específica das mudas de alface. Contudo, os substratos alternativos *PlantHort I*, *PlantHort II*, *PlantHort III*, independentemente da proporção de CAC, causaram os menores valores de AFE em relação ao substrato comercial *Plantmax*<sup>®</sup> (Figura 2). Marengo & Lopes (2005) na produção de mudas é desejável que apresentem maior crescimento foliar, já que as folhas realizam processos de conversão de energia luminosa em energia química, essencial para seu desenvolvimento inicial.



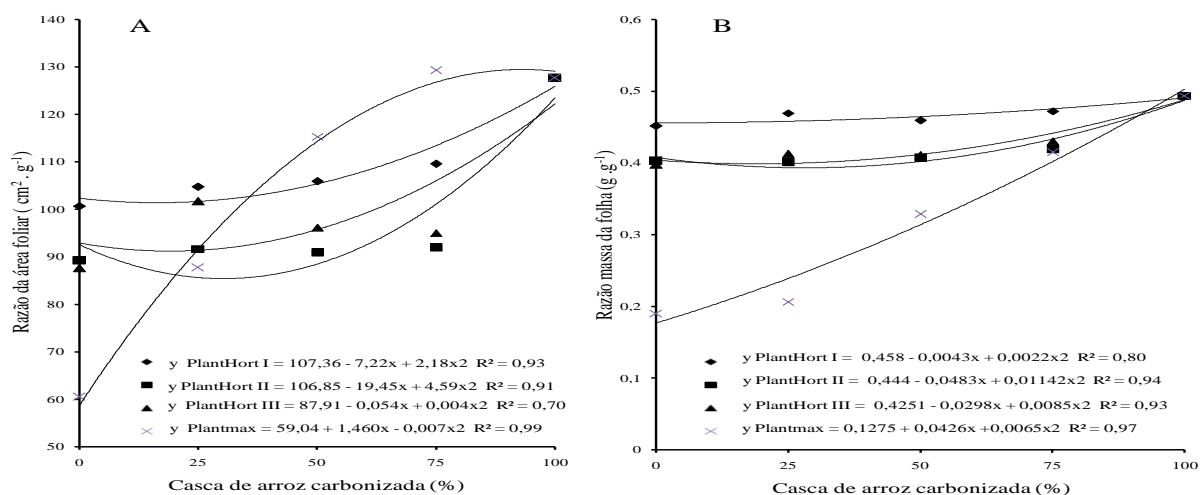
**Figura 2.** Área foliar específica de mudas de alface conduzidas em substratos com diferentes proporções de casca de arroz carbonizada aos 24 dias após emergência.

A área foliar específica das plantas nos substratos alternativos e comercial foi inversamente proporcional ao incremento da área foliar (Figura 1). Essa resposta das mudas de alface, nas maiores proporções de CAC, ocorreu porque os substratos pobres em nutrientes (Tabela 1) não conseguem formar estruturas dos sistemas fotossintéticos adequados, logo as folhas ficam com mesófilo menos preenchido, e com isso, precisa-se de uma área foliar maior para fazer um grama de massa. Segundo Charles-Edwards et al. (1986), a AFE de plantas de tomate e de crisântemo que cresceram em ambiente controlado foram correlacionadas

com a temperatura média do ambiente. As duas culturas apresentaram aumento da AFE com o aumento da temperatura enquanto que o aumento na disponibilidade de radiação solar resultou em decréscimos na AFE.

A Razão da Área Foliar (RAF) representa a razão entre área foliar, responsável pela interceptação de energia luminosa e CO<sub>2</sub> e a massa seca total da planta (Benicasa, 2003). O aumento na proporção de CAC nos substratos condicionou resposta quadrática para a razão da área foliar das mudas de alface (Figura 3A). Maior aporte nutricional nos substratos alternativos e comercial são obtidos nas menores proporções de CAC, então, à medida que aumenta a proporção de CAC (0, 25, 50, 75 e 100%) há diminuição na fertilidade dos substratos. Verifica-se que a resposta das plantas quanto a RAF nos substratos *PlantHort I*, *PlantHort II*, *PlantHort III* foi similar, sendo que esta aumenta a medida que diminui a fertilidade do substrato. No *Plantmax*<sup>®</sup> foi observado incremento maior, pois a condição nutricional deste substrato é menor do que os substratos alternativos. Apesar das plantas em todos os tratamentos com *Plantmax*<sup>®</sup> serem menores, a condição nutricional das plantas dos tratamentos 0 e 25% de CAC era melhor por isso sua RAF era menor.

A RAF aumenta à medida que a área foliar diminui, o que é compreensível, pois com o crescimento aumenta a interferência de folhas superiores sobre as inferiores e a tendência é a área foliar útil diminuir a partir de certa fase. Lambers & Poorter (1992) afirma que a RAF varia em função da Área Foliar Específica (AFE) e da Razão de Massa Foliar (RMF), que é a proporção de massa seca total alocada nas folhas. Estas variáveis são relativamente sensíveis às mudanças ambientais, embora os incrementos na RAF sejam mais consequências do incremento da AFE do que da RMF, já que os valores da AFE são mais sensíveis às proporções de CAC adicionada ao substrato.



**Figura 3.** Razão da Área foliar e razão da massa da folha de mudas de alface conduzidas em substratos com diferentes proporções de casca de arroz carbonizada aos 24 dias após emergência.

Considerando-se que as folhas são os centros de produção de massa seca da planta, mediante a fotossíntese, e que o resto da planta depende da exportação de fotoassimilados da folha, a RMF expressa a fração de massa seca da folha não exportada para o resto da planta (Figura 3B). O aumento da CAC nos substratos condicionou resposta quadrática para razão da massa foliar. Plantas cultivadas nos substratos *PlantHort I*, *PlantHort II*, *PlantHort III* apresentaram tendência de direcionamento de fotoassimilado para RMF, diferindo do substrato comercial *Plantmax*<sup>®</sup>, que apresentou tendência de aumento da RMF com as maiores proporções de CAC. Isso ocorre devido as plantas cultivadas nos substratos menos férteis não conseguirem formar um aparato fotossintético adequado (Taiz & Zeiger, 2004), fazendo menos fotossíntese, reduzindo a exportação a partir das suas folhas.

A contribuição da RMF na expressão da RAF (Figura 3A) é quantitativamente inferior à contribuição da AFE (Figura 2). A variação de RMF mostra que, como ocorreu com a RAF e AFE, há uma relação inversa com a área foliar nas proporções crescentes de CAC. A medida que a planta cresce, a exportação de carboidratos a partir das folhas é maior. Quanto maior o valor da razão da massa da foliar, maior é o investimento da planta em produção de folhas. Caron (2002) observou que a fração de MS alocada para as folhas da alface cultivada em substratos variou entre 73,5% e 93,5% para as quatro estações do ano.

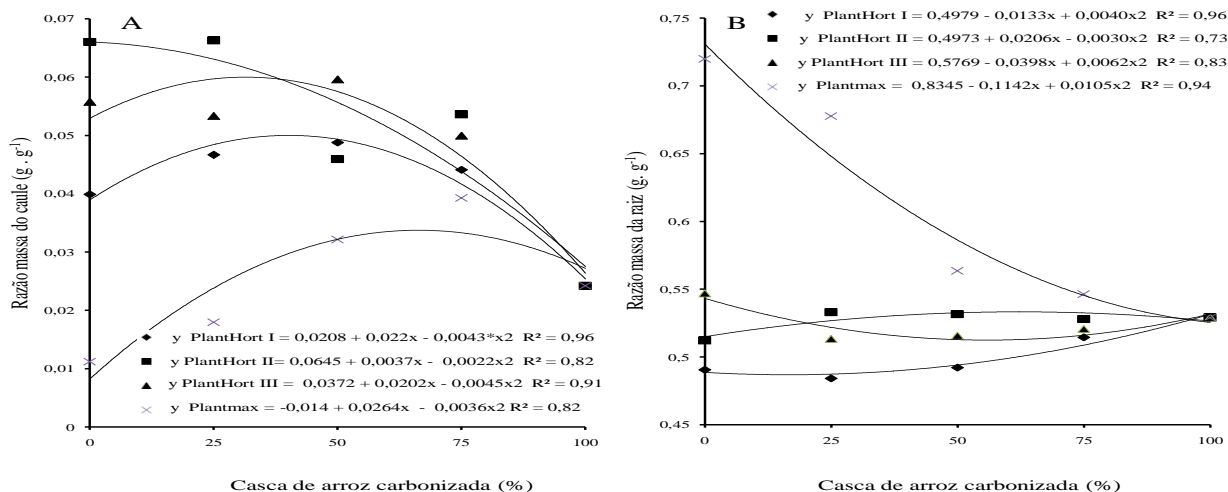
A Razão da Massa do Caule (RMC) expressa a fração da massa seca que foi exportada ao caule a partir das folhas, é inversamente proporcional à razão de massa foliar. Aos 24 DAS, quando a planta apresenta dossel mais desenvolvido, ela passa a alocar os fotoassimilados das folhas para o caule, aumentando a RMC (Figura 4A). A exportação dos fotoassimilados é uma característica genética influenciada pelo ambiente (Larcher, 2000), mas principalmente pelas diferentes proporções nutricionais dos substratos alternativos.

O maior investimento na RMC, foi obtido nas plantas submetidas aos substratos *PlantHort I*, *PlantHort II* e *PlantHort III* condicionados nas menores proporções de CAC, produzindo mudas de qualidade superior ao substrato *Plantmax*<sup>®</sup>. Nas adições de menores proporções de CAC aos substratos alternativos, foi evidenciado um aumento da translocação de fotoassimilados ao caule das mudas. Carmello (1994) afirma que formação de mudas de qualidade no processo produtivo é de vital importância para o êxito de uma exploração agrícola, pois dessa qualidade, depende do desempenho da planta, tanto nutricional quanto no tempo necessário para produção da muda e, conseqüentemente, no número de ciclos produtivos executados por ano, portanto é de fundamental importância que o substrato resulte em mudas com alto vigor.

O aumento na proporção de CAC nos substratos favoreceu uma resposta quadrática na razão da massa radicular (RMR) das mudas de alface. Os

substratos *PlantHort I*, *PlantHort II*, *PlantHort III* considerados alternativos, independentemente da proporção de CAC condicionaram resposta inferior da RMR em relação ao substrato comercial *Plantmax*<sup>®</sup> (Figura 4B). A razão de massa radicular (RMR) explica um comportamento fisiológico, expressando qual é a

parcela de fração da matéria seca que foi exportada para as raízes a partir do resto da planta. O substrato comercial *Plantmax*<sup>®</sup>, nas menores proporções de CAC condicionou as maiores razões em relação aos substratos alternativos.

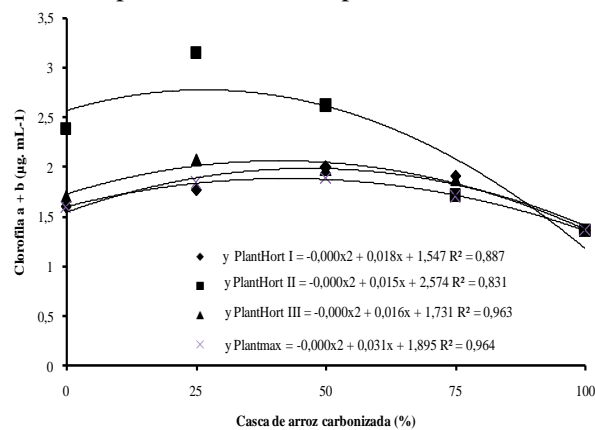


**Figura 4.** Razão massa do caule e razão da massa da raiz de mudas de alface conduzidas em substratos com diferentes proporções de casca de arroz carbonizada aos 24 dias após emergência.

As plantas cultivadas no substrato *Plantmax*<sup>®</sup> obtiveram baixa translocação de fotoassimilados para as folhas, observado na RMF (Figura 3B) e também baixo investimento de fotoassimilados na RMC (Figura 4A). Mas em compensação foi observado que grande parte dos fotoassimilados da planta foram translocados para o sistema radicular (Figura 4B). Isso ocorre devido à menor disponibilidade de nutrientes no substrato *Plantmax*<sup>®</sup> induz a planta a gastar parte das suas energias para aumentar o sistema radicular e consequentemente aumentar a capacidade de absorção de nutrientes.

O aumento na proporção de CAC nos substratos condicionou resposta quadrática para o teor de clorofila *a + b* nas mudas de alface. Os maiores teores de clorofila foram observados nas proporções de 25 e 50% de CAC (Figura 5). O incremento da produção de clorofila pode estar relacionado com a produção de biomassa que depende da capacidade fotossintética das plantas, no entanto, as plantas desenvolvidas no substrato *PlantHort II* apresentaram maior concentração de clorofila, nas proporções de 25 e 50% de CAC. Para Taiz & Zeiger (2004) plantas que apresentam concentração elevada de clorofila potencialmente

são capazes de atingir taxas fotossintéticas mais altas, pelo seu valor de captação de energia luminosa por unidade de tempo.

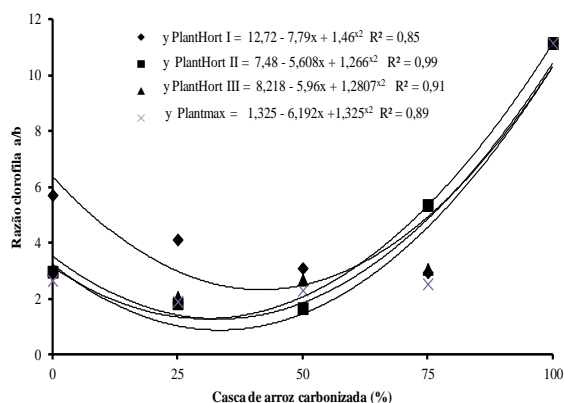


**Figura 5.** Clorofila *a + b* de mudas de alface conduzidas em substratos com diferentes proporções de casca de arroz carbonizada aos 24 dias após emergência.

O aumento da porcentagem de CAC nos substratos avaliados apresentou comportamento quadrático para a relação clorofila *a/b* (Figura 6). As determinações da relação clorofila *a/b*, revelaram que as proporções de CAC (25% e 50%) promoveram diminuição dessa relação nas plantas de alface. Nessas proporções de CAC verificou-se

que a concentração de clorofila *b* nas folhas de alface foi superior às encontradas nas demais proporções (0, 75 e 100%).

A partir de 50% de CAC a concentração de clorofila *a* aumentou substancialmente em todos os substratos, devido à redução dos nutrientes disponíveis às mudas, o teor de clorofila *a* aumenta nesta condição e à proporção de clorofila *a:b* fica semelhante entre os substratos.



**Figura 6.** Razão clorofila *a/b* de alface em substratos com diferentes proporções de casca de arroz carbonizada aos 24 dias após semeadura.

## CONCLUSÕES

O uso substratos *PlantHort I*, *PlantHort II* e *PlantHort III* a base de casca de arroz carbonizada promovem maior produção e distribuição equilibrada de fotoassimilados na parte aérea/ raiz, em comparação ao substrato *Plantmax*<sup>®</sup>, que assegura nessa condição apenas o crescimento do sistema radicular em detrimento do aéreo.

## REFERÊNCIAS

ABREU M.F.; ABREU C.A.; BATAGLIA, O.C. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: FURLANI AMC. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, p.17-28. 2002.

ALBUQUERQUE NETO, A.A.R.; ALBUQUERQUE, T.C.S.; GÓIS, B.C.F.; SILANI, I.S.V. Produção e quantidade acumulada de nutrientes em rúcula cultivada em diferentes substratos. In: Congresso brasileiro de olericultura, 48, 2008, Maringá. **Anais...** 2008.

ALVES, A.S.; OLIVEIRA, L.S.B.; ANDRADE, L.A.; GONÇALVES, G.S.; SILVA, J.M. Produção de mudas de angico em diferentes tamanhos de recipientes e composições de substratos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 2, p. 39-44, 2012.

BAKKER, A.P. **Efeito do húmus de minhoca e da inoculação do fungo micorrízico arbuscular *Glomus macrocarpum* Tul. & Tul. sobre o desenvolvimento de mudas de cajueiro anão-precoce (*Anacardium occidentale* L.)**. 1994. 60p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

BARROS JÚNIOR, A.P. **Diferentes compostos e Plantmax como substrato na produção de mudas de pimentão**. 2001. 35 f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma) – ESAM, Mossoró. 2001.

BAUMGARTEN, A. Methods of chemical and physical evaluation of substrates for plants. In: FURLANI, A.M.C. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. 122p. (Documentos IAC, 70).

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

BICCA, A.M.O.; PIMENTEL, E.; SUÑE, L.; MORSELLI, T.B.G.; BERBIGIER, P. Substratos na produção de mudas de couve híbrida. **Revista FZVA**. v.18, n. 1, p. 136-142. 2011.

CARMELLO, Q.A.C. Nutrição e adubação de mudas hortícolas. In: MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J.; PENTEADO, S.R.; SCARPARI, F.J. **A produção de mudas hortícolas de alta qualidade**. Piracicaba: Gráfica Universitária de Piracicaba, p.75-93, 1994.

CARON, B.O. **Crescimento da alface a campo e em estufa plástica**. Santa Maria: UFSM – Centro de Ciências Rurais, 2002, 51 p. (Tese de Doutorado).

CHARLES-EDWARDS, D.A.; DOLEY, D.; RIMMINGTON, G.M. **Modelling plant growth and development**. North Ryde: Academic Press, 235p. 1986.

ERISMANN, N.M.; MACHADO, E.C.; GODOY, I.J. Capacidade fotossintética de genótipos de amendoim em ambiente natural e controlado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 7, p. 1099-1108, 2006.

GOMIDE, M.B.; LEMOS, O.V.; TOURINO, D.; CARVALHO, M.M.; CARVALHO, J.G.; DUARTE, C.S. Comparação entre métodos de determinação de área foliar em cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. **Ciência Prática**, Lavras, v.1, n.2, p.118-123, 1977.



- HUERTA, S.A.; ALVIM, P.T. Índice de área foliar y su influencia en la capacidad fotosintética del café. **Cenicafé**, Chinchina, v.13, n.2, p.75-84, 1962.
- KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Económica. México. 479p.
- LAMBERS, H.; PORTER, H. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecological consequences. **Advances in Ecological Research** 23: p. 187-261, 1992.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, RIMA. 2000. 531 p.
- MARAÑÓN, T.; GRUBB, J. Physiological basis and ecological significance of the seed size and relative growth rate relationship in Mediterranean annuals. **Functional Ecology** 7: p. 591-599, 1993.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. Viçosa: UFV, 2005. 451p.
- MARQUES, P. A. A.; BALDOTTO, P. V.; SANTOS, A. C.P.; OLIVEIRA, L. Qualidade de mudas de alface formadas em bandejas de isopor com diferentes números de células. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 649-651, 2003.
- MEDEIROS, L.A.M. **Influência da fertirrigação em substratos no crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) conduzida em estufa plástica**. Santa Maria: UFSM – Centro de Ciências Rurais, 1999, 59 p. (Dissertação de Mestrado).
- MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; FERNANDES, H.S. Substratos formulados com vermicomposto e comerciais na produção de mudas de couve-flor. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.4, n. 3, p. 191-196, 1998.
- MINAMI, K; PUCHALA, B. Produção de mudas de hortaliças de alta qualidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, suplemento, p. 162-163, 2000.
- NOGUEIRA, S.S.S. Growth analysis of chickpea (*Cicer arietinum* L.) **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.51, n.3, p.430-435, 1994.
- PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fealq, 1997. 183 p.
- PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade vegetal**. **Campinas: Instituto Agrônomo**, 1987. 33p. (Boletim Técnico, 114).
- PRAGANA, R.B. **Potencial do resíduo da extração da fibra de coco como substrato na produção agrícola**. 1998. 84 f. (Tese mestrado) – Universidade Federal Rural do Recife, Recife, 1998.
- SILVA JÚNIOR, A.A.; VISCONTI, A. Recipientes e substratos para a produção de mudas de tomate. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis, v. 4, n. 4, p. 20-23, 1991.
- SOUZA, F.X. de. Casca de arroz carbonizada: um substrato para a propagação de plantas. CNPAI/EMBRAPA. **Revista Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.46, n.406, p.11, 1993.
- SOUZA, R.J.; FERREIRA, A.A. Produção de mudas de hortaliças em bandejas: economia de sementes e defensivos. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v. 100, n. 623, p.19-21, 1997.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed Editora S/A. 2004. 438p.
- TRANI, P.E.; NOVO, M.C.S.S.; CAVALLARO, J.R., M. L.; TELLES, L.M.G. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 2, p. 290-294, 2004.
- VASCONCELOS, A.A.; INNECCO, R.; MATTOS, S.H. Influência de diferentes composições de substratos na propagação vegetativa de *Gypsophila* no litoral cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 706-712, 2012.
- VILLAS BOAS, R.L.; PASSOS, J.C.; FERNANDES, D.M.; BULL, L.T.; CEZAR, V.R.S.; GOTO, R. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura brasileira**, v. 22, n. 1, p. 28-34, 2004.
- WELLBURN, A.R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of Plant Physiology**. v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.

Recebido: 05/03/2013  
Received: 03/05/2013

Aprovado: 16/06/2013  
Approved: 06/16/2013