

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DAIELLY BARITIERI CAVALHEIRO**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ALFACE EM DIFERENTES AMBIENTES E  
NÍVEIS DE ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA**

**Marechal Cândido Rondon**

**2014**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS MARECHAL CÂNDIDO RONDON**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**DAIELLY BARITIERI CAVALHEIRO**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ALFACE EM DIFERENTES AMBIENTES E  
NÍVEIS DE ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Nível Mestrado, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Elcio Silvério Klosowski  
Coorientador: Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Junior

**Marechal Cândido Rondon**

**2014**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

C376c

Cavalheiro, Daielly Baritieri

Crescimento e produção de alface em diferentes ambientes e níveis de adubação mineral e orgânica./Daielly Baritieri Cavalheiro. Marechal Cândido Rondon, 2016.

64 p.

Orientador: Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski

Coorientador: Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Junior

Dissertação(Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná,  
Campus de Marechal Cândido Rondon, 2016

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Agronomia

1. Sistema de produção. 2. Fertilizantes. 3. *Lactuca sativa*. I. Klosowski, Élcio Silvério. II. Gonçalves Junior, Affonso Celso. III. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.

CDD 21.ed. 635.52

CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena SoterioBejio – CRB 9ª/965



Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46  
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>  
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000  
Marechal Cândido Rondon - PR.



**PARANÁ**

GOVERNO DO ESTADO

Ata da reunião da Comissão Julgadora da Defesa de Dissertação da Tecnóloga em Gestão Ambiental **DAIELLY BARITIERI CAVALHEIRO**. Aos vinte e sete dias do mês de junho de 2014, às 14h, sob a presidência do Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski, em sessão pública, reuniu-se a Comissão Julgadora da Defesa da Dissertação da Tecnóloga em Gestão Ambiental Daielly Baritieri Cavalheiro, discente do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Agronomia – Nível Mestrado e Doutorado com área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**, visando à obtenção do título de **"MESTRA EM AGRONOMIA"**, constituída pelos membros: Prof. Dr. Rerison Catarino da Hora (UEM), Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Márcia de Moraes Echer (Unioeste), Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Júnior (Unioeste), Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos (Unioeste) e Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski (Orientador).

Iniciados os trabalhos, a candidata apresentou seminário referente aos resultados obtidos e submeteu-se à defesa de sua Dissertação, intitulada: **"Crescimento e produção de alface em diferentes ambientes e níveis de adubação mineral e orgânica"**.

Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento dessa prova, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição:

Prof. Dr. Rerison Catarino da Hora.....Aprovado  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Márcia de Moraes Echer.....Aprovado  
Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Júnior.....Aprovado  
Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos.....Aprovado  
Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski (Orientador).....Aprovado

Apurados os resultados, verificou-se que a candidata foi habilitada, fazendo jus, portanto, ao título de **"MESTRA EM AGRONOMIA"**, área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**. Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

Marechal Cândido Rondon, 27 de junho de 2014.

Prof. Dr. Rerison Catarino da Hora

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Márcia de Moraes Echer

Prof. Dr. Affonso Celso Gonçalves Júnior

Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos

Prof. Dr. Élcio Silvério Klosowski (Orientador)

## **DEDICO**

Aos meu pais Oldemar Borges Cavalheiro  
e a minha mãe Roseli Baritieri Cavalheiro,  
pelo amor incondicional,  
apoio e cuidado.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, através do Programa de Pós-Graduação, pela oportunidade.

Ao Professor e Orientador Dr. Élcio Silvério Klosowski pela orientação segura, momentos de aprendizado, amizade, respeito e confiança depositada em mim e neste trabalho.

Aos Professores Dr. Affonso Celso Gonçalves Junior, Dr. Edmar Soares de Vasconcelos e Dra. Márcia de Moraes Echer, pela contribuição neste trabalho e atenção que sempre me dedicaram quando precisei.

Aos membros da banca examinadora, pelas sugestões e considerações.

Aos meus pais e ao meu irmão Marciell Alexandre Baritieri Cavalheiro, que me auxiliaram durante a instalação e condução do experimento.

Ao meu namorado Edilson Chibiaqui, pelo seu companheirismo, incentivo constante, amor e compreensão.

Aos colegas e amigos, Edilaine Della Valentina Gonçalves, Nicanor Pilarski Henkemeier, Patrícia Aparecida Favorito e Marla Silvia Diamante, pela convivência, auxílio nas atividades e dúvidas relativas a este trabalho.

**... O mundo está nas mãos daqueles que tem a coragem de sonhar e correr o risco de viver seus sonhos...**

**Paulo Coelho**

## RESUMO

CAVALHEIRO, Daielly, B. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, junho de 2014. **Crescimento da alface em função do ambiente de cultivo e da adubação mineral e orgânica.** Orientador: Dr. Élcio Silvério Klosowski. Co-orientador: Dr. Affonso Celso Gonçalves Júnior.

**Resumo:** O experimento foi conduzido no período de junho a julho de 2013, em São Miguel do Iguçu-PR, com o objetivo de fornecer informações sobre o melhor ambiente, doses e fontes de adubação, para a produção e crescimento da alface cv. Vanda. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, os tratamentos consistiram de dois ambientes (a campo e protegido), duas fontes (adubação orgânica e mineral) e três doses (adubação mineral nas doses de 0; 0,108 e 0,230 kg m<sup>-2</sup> e orgânica nas doses de 0; 3,6 e 7,2 kg m<sup>-2</sup>). A análise de crescimento foi realizada semanalmente aos 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias após o transplântio. A massa seca total e da folha e a área foliar foram utilizadas para o cálculo da área foliar específica, razão de área foliar, taxa de crescimento relativo, taxa de crescimento absoluto e taxa de assimilação líquida. As características avaliadas altura de planta, diâmetro de planta, número de folhas, diâmetro do caule, comprimento do caule, área foliar, projeção da copa, massa fresca total, massa fresca da folha e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey (p<0,05) para análise de crescimento avaliação das características produtivas após os dados serem submetidos a análise de variância, realizou-se análise de regressão, gerando uma superfície de resposta. Com relação às características área foliar específica, razão de área foliar, taxa de assimilação líquida e taxa de crescimento relativo, foi observado somente efeito de tempo. A taxa de crescimento absoluto, área foliar, massa seca da folha e massa seca total das plantas foram influenciadas pelo ambiente, fontes e doses de adubação. O ambiente protegido apresentou condições climáticas mais favoráveis ao desenvolvimento e produção de alface cv. Vanda. Do ponto de vista comercial os resultados de produtividade obtidos, indicam que o uso de ambiente protegido, com a dose recomendada (3,6 kg/m<sup>2</sup>) de adubação orgânica favorecem o cultivo desta hortaliça.

**Palavras – chave:** Sistema de Produção; Fertilizantes; *Lactuca Sativa*.

## ABSTRACT

CAVALHEIRO, Daielly, B. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, junho de 2014. **Production and growth of lettuce grown under different environments and levels of mineral and organic fertilizer.** Advisor: Dr. ÉlcioSilvério Klosowski. Co-advisor: Dr. AffonsoCelsoGonçalvesJúnior.

The experiment was conducted among June and July 2013 in São Miguel do Iguaçu, Paraná, with the intention of provide information about the best environment, doses and sources of fertilization for the production and growth of lettuce cv. Vanda. The experimental design was randomized blocks arrangement with four replicates, the treatments consisted of two rooms, two sources and three levels of fertilization. Regarding production traits were evaluated plant height, plant diameter, number of leaves, stalk length, leaf area, canopy projection, total fresh weight, leaf fresh weight and productivity. Growth analysis was performed based on a weekly collection at 0, 7, 14, 21, 28 and 35 days after transplanting. The total and leaf dry mass and leaf area were used to calculate the specific leaf area, leaf area ratio, relative growth rate, absolute growth rate and net assimilation rate. Data were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey test ( $p < 0.05$ ) for evaluation of production characteristics and evaluation of growth analysis after the data is submitted analysis of variance was performed to regression, generating a response surface. With respect to characteristics specific leaf area, leaf area ratio, net assimilation rate and relative growth rate, only time effect was observed. The accumulation of leaf area, leaf dry weight, total dry mass increased throughout the crop cycle. The absolute growth rate, leaf area, leaf dry weight and total dry mass of the plants showed influences of the environment, sources and fertilization. The protected environment presented more appropriate climatic conditions for the development and production of lettuce cv. Vanda. From the viewpoint of commercial results of productivity obtained indicate that the protected cultivation with the recommended dose of organic fertilizer environment would be the most appropriate for the cultivation of this vegetable.

**Keywords:** Production System; fertilizers; *Lactuca Sativa*.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>7</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>9</b>
<b>1.1 PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS E CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A CULTURA DA ALFACE.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2 FONTES E DOSES DE ADUBAÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.2.1 Adubação Orgânica.....	14
1.2.2 Adubação Mineral.....	16
<b>1.3 AMBIENTES DE CULTIVO.....</b>	<b>18</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>
<b>ARTIGO 1- CRESCIMENTO DA ALFACE cv. VANDA EM PROTEGIDO E NO CAMPOSUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA.....</b>	<b>26</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>27</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>28</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>29</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>35</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>43</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>44</b>
<b>ARTIGO 2 - AMBIENTES E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA NA PRODUTIVIDADE DE ALFACE (<i>Lactuca sativa</i> L.) cv. VANDA.....</b>	<b>47</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>48</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>49</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>52</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>55</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A alface (*Lactuca sativa* L.) é do ponto de vista econômico, uma das mais importantes hortaliças folhosas consumidas no Brasil e constitui-se numa cultura de grande importância social na agricultura familiar e na alimentação humana.

A larga adaptação as condições climáticas, possibilidade de cultivos sucessivos no mesmo ano, boa preferência e demanda são fatores que fazem com que seja a hortaliça folhosa mais produzida no país e seu cultivo pode ser a campo ou em ambiente protegido. O consumo desta hortaliça tem aumentado não só pelo crescente aumento da população, mas também pela tendência de mudança no hábito alimentar do consumidor. Por outro lado, o consumidor de hortaliça tem se tornado exigente, havendo necessidade de produzi-la em quantidade e com qualidade (FERREIRA *et al.*, 2009).

De acordo com Lopes *et al.* (2005) existem no mercado setenta e cinco cultivares, das quais dezoito são nacionais. Embora existam diversas cultivares da folhosa distribuídas no mercado, diferentes são os fatores ambientais que influem no crescimento, desenvolvimento e produção. As condições ambientais que mais contribuem na duração do ciclo, precocidade, produtividade e características comerciais do produto, são a temperatura e umidade relativa do ar e a radiação solar.

Esta hortaliça é muito cultivada, mas inúmeras são as dúvidas enfrentadas pelos produtores a respeito do sistema de cultivo e adubação, por frequentemente, realizarem seu cultivo sem orientação agrônômica. Diante desta realidade, faz-se necessário a realização de estudos que venham contribuir na recomendação para o horticultor sobre a melhor forma de cultivo, fonte de adubação, e doses mais adequadas.

Considerando que a ambiência e a nutrição, são fatores que interferem diretamente nas condições de crescimento, desenvolvimento e produtividade, este trabalho teve o objetivo de avaliar as características produtivas e o crescimento da alface cv. Vanda em ambiente protegido e a campo em função de níveis de adubação mineral e orgânica.

## 1.1 PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS E CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A CULTURA DA ALFACE

O crescimento da produção de olerícolas no Paraná, no período de 2000 a 2013, foi de 73%. A produção de oleráceas no Paraná passou 3.012,44 toneladas em 2013 para 2.959,405 toneladas em 2014. Ainda de acordo com dados da SEAB/DERAL (2015) no ano de 2014 o Estado produziu 103,125 toneladas de alface em uma área de 5.202ha.

O Estado do Paraná é destaque na olericultura, produzindo grandes variedades de hortaliças. Segundo SEAB/DERAL (2015) na safra 2013/14, o referido Estado, produziu aproximadamente 3 milhões de toneladas, em uma área de 114 mil hectares, mercado que movimentou aproximadamente R\$ 3,51 bilhões. Com 37% da produção estadual de hortaliças, o núcleo regional de Curitiba é o mais representativo.

A alface é originária da região do Mediterrâneo, pertence à família botânica Asteraceae, da ordem Asterales, da classe Magnoliatae e gênero *Lactuca*. Essa hortaliça é uma planta herbácea, de caule pequeno não ramificado, ao qual se prendem as folhas que são relativamente grandes, lisas ou crespas e dispostas alternadamente, fechando-se ou não em forma de cabeça, com coloração variando do verde-amarelo até o verde escuro, com algumas cultivares apresentando coloração arroxeada. A raiz é pivotante e quando cultivada a campo infiltra-se de 15 a 20 cm no perfil do solo (GOTO e TIVELLI, 1998).

Em sua composição nutricional para cada 100 g de matéria fresca, há em média, 95,64 g de água; 1,33 g de proteínas; 0,22 g de lipídeos; 2,26 g de carboidratos; 0,9 g de fibras; 0,48 g de açúcar; 33 mg de cálcio; 1,20 mg de ferro; 12 mg de magnésio; 28 mg de fósforo; 187 mg potássio; 25 mg de sódio; 0,20 mg de zinco; 3,7 mg de vitamina C; 375 µg de vitamina A; 0,100 mg de vitamina B6; 0,064 mg de tiamina, 0,077 mg de riboflavina, 0,321 mg de niacina e 03,7 mg de ácido ascórbico (USDA, 2013).

O mercado consumidor, no entanto, é exigente em relação às características e qualidade do produto, sendo que no Brasil o Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura define os padrões comerciais das hortaliças, que segue a classificação em grupos (crespa, lisa, americana, romana, mimosa), subgrupo (verde ou roxa), classificação conforme a massa, sendo a classe 5 inferior a 100 g e a classe 1000 superior a 1000g, limpeza, defeitos leves e graves e especificações que devem constar no rótulo da embalagem (HORTIBRASIL, 2013).

O cultivo da alface geralmente é iniciado com a sua sementeira em bandejas de poliestireno expandido com 200 células e posterior transplante para o canteiro, quando as mudas apresentarem quatro folhas definitivas (entre 20 e 30 dias). A tradicional sementeira

ainda é utilizada e as mudas com raízes protegidas por torrão são facilmente transplantadas e o pegamento é rápido, as bandejas apresentam também vantagens, principalmente na produção de mudas uniformes, maior número de mudas por unidade de área e melhor controle fitossanitário, resultando em plantas de melhor qualidade (GOMES *et al.*, 2008).

A semeadura direta é menos utilizada no Brasil e exige ótimo preparo dos canteiros definitivos, bem como, sob alta temperatura e chuva intensa ocorrem falhas na germinação e na emergência, inviabilizando-a tecnicamente (FILGUEIRA, 2008).

A alface é uma planta muito suscetível às doenças tornando-se um fator limitante na produção dessa hortaliça. Segundo Filgueira (2008), são conhecidos aproximadamente 75 diferentes tipos de doenças, devendo ser evitado, o quanto possível, o uso de produtos tóxicos no controle fitossanitário, pois estes podem deixar resíduos ao consumidor.

Por se tratar de uma hortaliça de inverno, a faixa ideal de temperatura do ar para o crescimento da alface deve ser de 18 a 23°C, com umidade relativa do ar entre 60 e 75% (GOTO e TIVELLI, 1998). O seu cultivo em outras épocas do ano pode favorecer, em algumas regiões, a incidência de doenças e desequilíbrios nutricionais, principalmente, se as condições climáticas se caracterizarem por elevados índices pluviométricos e altas temperaturas do ar (YURI *et al.*, 2004).

O ciclo da alface no campo varia de 65 a 80 dias e em ambiente protegido de 45 a 50 dias, encerrando-se a fase vegetativa quando a planta atinge o maior desenvolvimento das folhas. Para todas as cultivares de alface, a ocorrência de dias curtos e temperaturas amenas favorecem a etapa vegetativa, sendo estas, inclusive, resistentes a baixas temperaturas e geadas leves. A fase reprodutiva consiste na emissão do pendão floral, sendo favorecida pelas épocas de elevadas temperaturas e dias longos.

Temperaturas do ar acima de 20°C podem causar em alguns grupos de alface o pendramento precoce, fator que inutiliza a planta para o consumo (TRANI *et al.* 1992). Com isto, há acúmulo de látex, fazendo com que as folhas se tornem amargas, rígidas e de tamanho e número reduzido (LÉDO, 2000).

O reconhecimento do ponto de colheita da alface ocorre normalmente quando as folhas externas estão bem abertas (“cabeça” formada quando for do tipo), ou baseando-se no número de dias após o transplante (35 a 45 dias). Segundo Filgueira (2008), a alface deve ser colhida quando apresentar folhas ainda tenras e sem nenhum sinal de pendramento.

Com relação ao crescimento e produtividade, estes são influenciados pela disponibilidade de água no solo, que por sua vez, irá interferir na disponibilidade de nutrientes para as plantas e na capacidade de absorção destas. A cultura da alface é muito exigente em

água em função de apresentar elevada concentração na sua constituição celular. Segundo Mantovani; Bernardo e Palaretti (2007) que o fator de disponibilidade de água no solo (f), para hortaliças deve estar entre 0,2 a 0,4, ou seja, entre 20 e 40%. Quando o teor de água no solo fica abaixo de 20%, as hortaliças não conseguem mais absorver a água do solo, prejudicando o desenvolvimento vegetativo da planta, diminuindo a qualidade e a produtividade.

O crescimento celular, fotossíntese e produtividade de cultivos vegetais são influenciados pelo potencial hídrico e seus componentes. A eficiência das plantas em regular a perda de água, ao mesmo tempo em que permitem absorção suficiente de CO<sub>2</sub> é influenciado por fatores ambientais, tais como intensidade de luz, temperatura do ar, potencial hídrico foliar e concentração intracelular de CO<sub>2</sub>. A temperatura afeta todas as reações bioquímicas da fotossíntese, por exemplo em temperaturas baixas a fotossíntese pode ser limitada por fatores como a disponibilidade de fosfato no cloroplasto. As taxas fotossintéticas mais elevadas são observadas em temperatura ótima, enquanto as taxas de respiração aumentam em função da temperatura, uma das razões para o decréscimo na fotossíntese líquida em temperaturas elevadas (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Altas produtividades agrícolas dependem muito da fertilização com nutrientes minerais, entretanto, as plantas cultivadas em geral utilizam menos da metade do fertilizante aplicado, ainda que a área de superfície e a capacidade das raízes em absorver da solução do solo íons inorgânicos em baixas concentrações façam da absorção mineral pelas plantas um processo muito eficaz (LOOMIS e CONNOR, 1992; TAIZ e ZEIGER, 2009).

A maioria das plantas também consegue absorver nutrientes minerais aplicados às folhas por aspersão foliar. Esse método pode ter vantagens agrônômicas, podendo reduzir o tempo entre a aplicação e a absorção pelas plantas, o que poderia ser importante durante uma fase de rápido crescimento (MENGEL e KIRKBY, 1987).

## **1.2 FONTES E DOSES DE ADUBAÇÃO**

O solo agrícola é a fonte do desenvolvimento do sistema radicular das plantas, em face disso que o manejo da adubação do solo deve ser realizado como meio de fornecimento de nutrientes em quantidade suficiente e eficiente para o cultivo de hortaliças (FILGUEIRA, 2008).

Para a alface a adubação deve ser aplicada ao longo do ciclo da cultura, em adubações em cobertura (FILGUEIRA, 2008). A alface é suscetível à acidez e se desenvolve melhor em solos com pH na faixa entre 6,0 e 6,8; saturação por bases em torno de 70%; solos de textura média, que são menos propícios a compactação e erosão, e facilitam o desenvolvimento radicular da cultura e com capacidade de retenção de água entre 20 e 40%.

Alguns nutrientes são essenciais no metabolismo das plantas, cuja ausência ou deficiência causa anormalidades no crescimento, desenvolvimento e reprodução do vegetal. Constituem o primeiro grupo destes elementos essenciais o nitrogênio, o fósforo e o potássio, que são assimilados por meio de reações bioquímicas envolvendo oxidações e reduções, produzindo compostos orgânicos (TAIZ E ZEIGER, 2009).

A alface é exigente em nutrientes, principalmente na fase final do ciclo. Filgueira (2008) comenta que experimentalmente têm sido obtidas maiores respostas em aumento de produtividade às aplicações de fósforo e de nitrogênio em relação ao potássio, ressaltando, também resposta ao cálcio.

O nitrogênio é o elemento mineral de maior exigência pela maior parte das plantas. Ele serve como constituinte de muitos componentes da célula vegetal, incluindo aminoácidos, proteínas e ácidos nucleicos. Portanto, a deficiência de nitrogênio rapidamente inibe o crescimento vegetal. O fósforo, em sua forma fosfato é um composto integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo fosfato-açúcares, intermediários da respiração e fotossíntese, bem como os fosfolipídios que compõem as membranas vegetais é também um utilizado no metabolismo energético das plantas, síntese de ATP, e no DNA e RNA. Por vez o potássio, presente nas plantas como cátion, desempenha um importante papel na regulação do potencial osmótico das células vegetais e também ativa muitas enzimas envolvidas na respiração e fotossíntese (TAIZ E ZEIGER, 2009; MARSCHNER, 1995).

Sobre a necessidade da calagem e adubação, tanto nos sistemas à campo aberto como protegido, é importante a amostragem e a realização de uma análise físico-química do solo pelo menos uma vez ao ano.

Por vez, a análise química é a única maneira de conhecer a fertilidade do solo, ou seja, de detectar se o solo está ácido ou não implicando na necessidade de calagem, e se os teores de macro e micronutrientes e de matéria orgânica estão adequados. Portanto, é necessário fazer análise química do solo independente do tipo de fertilizante que se utiliza e das práticas adotadas (SOUZA e ALCÂNTARA, 2008).

Segundo Santos (2008), a adubação visa repor os nutrientes nos solos com o objetivo de proporcionar aumento da produtividade, a recuperação e manutenção da fertilidade do

solo, portanto, é necessário analisar suas características físicas e propriedades químicas, antes da prática de adubação. O conhecimento das características físicas e químicas do solo ajuda a entender o comportamento de certos nutrientes no solo e a determinar com maior precisão a necessidade de fornecimento (SOUZA e ALCÂNTARA, 2008).

### 1.2.1 Adubação Orgânica

No mercado são encontrados os adubos orgânicos simples e os compostos, o adubo orgânico simples é oriundo de uma única fonte de origem animal ou vegetal. Dentre os fertilizantes orgânicos simples destacam-se, quanto à maior quantidade disponível, os estercos animais, o bagacilho e a torta de filtro de cana, a vinhaça (vinhoto ou restilo) de cana, as palhadas de milho e de soja, a serragem de madeira, a casca de pinus, a casca de eucalipto, a casca de café e a casca de arroz (FILGUEIRA, 2008).

O adubo orgânico composto é o produto obtido por processo bioquímico natural ou controlado com mistura de resíduos orgânicos de origem vegetal, animal, industrial ou urbano. Compostagem é um processo aeróbico de transformação de resíduos orgânicos em adubo humificado (EMBRAPA, 2014).

No estudo em questão foi utilizado húmus de minhoca, proveniente do processo de decomposição de dejetos de animais, que segundo Sedyama *et al.* (2000); Kiehl (1985) é um produto proveniente do processo de compostagem realizado por microorganismos, minhocas e fungos presentes nos resíduos vegetais e animais, e que consiste biologicamente em uma substância escura, uniforme e aspecto de massas amorfas, ricas de partículas coloidais, proporcionando a esse novo material formado propriedades físicas, químicas e físico-químicas inteiramente diferentes da matéria-prima original.

O húmus é rico em nutrientes, que possibilitam restabelecer e manter as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aumentar a capacidade de troca catiônica (CTC), proporcionando maior disponibilidade de nutrientes para plantas e microrganismos restaurando o ciclo biológico do solo, a capacidade de infiltração e de retenção da água, aumentar a vida microbiana útil, inclusive eliminando certos fitopatógenos, pois utiliza resíduos cujo descarte causaria impactos ambientais, favorece a disponibilidade e a absorção de certos nutrientes pelas raízes. Os solos argilosos e compactos, tornam-se mais favoráveis e os solos arenosos, leves e sem boa estrutura, tornam-se mais propícios ao cultivo, favorece a

diminuição das variações bruscas de temperatura do solo que interferem nos processos biológicos do solo e na absorção de nutrientes pelas plantas (SEDIYAMA *et al.*, 2000; TRANI *et al.*, 2013), proporcionando plantas mais resistentes, vigorosas e ricas em princípios ativos.

A utilização do húmus pode apresentar algumas desvantagens, como, por exemplo, fertilizantes orgânicos mal decompostos ou de origem não controlada podem introduzir ou aumentar o número de microorganismos de solo, nocivos às plantas (ex: *Verticilium*, *Fusarium*, *Rizoctonia*, etc.) e introduzir sementes de plantas daninhas, resíduos como composto de lixo urbano e lodo de esgoto tratado não monitorados, podem acarretar danos com a introdução de metais pesados ao solo e microorganismos patogênicos ao homem (TRANI *et al.*, 2013).

Diversos estudos relatam a aplicação de adubos orgânicos proporcionando aumentos na produtividade e crescimento da alface. De modo geral, a alface apresenta boa resposta à adubação orgânica, que, no entanto, varia de acordo com a cultivar e a fonte de adubo utilizada (FONTANÉTTI *et al.*, 2006).

O uso de adubo orgânico no cultivo de alface cv. Raider, demonstrou que o mesmo favoreceu seu rendimento, a aplicação da mistura de casca do grão de café, esterco de curral e palha triturada de crotalária sp., nas doses 0,0; 20,0; 40,0; 60,0 e 80,0 t/ha, demonstraram que a produtividade máxima de 634,3 g por planta foi obtida, com a dose de 56,1 t/ha do composto (YURI *et al.*, 2004).

Na aplicação de quatro doses de composto orgânico (capim napier, restos de culturas e esterco bovino) no consórcio alface e cenoura, Pimentel, Lana e De-Polli (2009), verificaram que a máxima produtividade 34,6 t/ha e 34,7 t/ha, no cultivo de alface e cenoura, respectivamente ocorreram com a aplicação da dose máxima, 48 t/ha, porém o aumento da dose de composto orgânico reduziu o acúmulo de massa fresca da parte aérea da alface.

Ao estudar a cultivar Elisa durante o inverno, em ambiente protegido, no cultivo com Latossolo Vermelho Escuro textura arenosa e Areia Quartzosa em vasos, com três doses (60, 120 e 240 g por vaso) e fontes de adubação orgânica Villas Bôas *et al.* (2004), verificaram que não houve diferença entre as dosagens de casca de eucalipto e serragem de madeira, nos dois tipos de solo. No entanto, para a adubação com palhada de feijão a alface respondeu de forma crescente até 240g do composto por vaso, sendo obtida biomassa fresca de 194 g por planta e média de 37 folhas por planta, os autores atribuíram tais resultados a maior demanda de nutrientes pelas plantas de alface, que ocorre nos últimos dias do ciclo, portanto a palhada de feijão disponibilizou mais nutrientes, o que não ocorreu para os demais compostos.

Resultado diverso foi reportado por Costa *et al.* (2006), ao estudarem o cultivo de rabanete em um Latossolo Vermelho Eutroférico, com aplicação de 15; 30 e 45 t/ha de húmus de minhoca, esterco bovino curtido e uma testemunha, verificaram que não houve interação nem efeito significativo para as fontes e doses de adubos orgânicos na produtividade de rabanete. A aplicação de húmus de minhoca, esterco bovino e a testemunha resultaram nos valores de 1,12; 1,57 e 1,28 t ha<sup>-1</sup> de produtividade comercial, respectivamente, em relação a produtividade, relacionaram os resultados a menor incidência de insolação durante o ciclo da cultura, em decorrência de elevadas precipitações, chegando a 170 mm durante a condução do experimento.

A aplicação de cobertura morta de leguminosas, capim e bagaço de cana de açúcar, no cultivo de alface cv. Regina, em dois ciclos, resultou em maior incremento de massa fresca da parte aérea e diâmetro da cabeça, quando aplicado a cobertura morta de leguminosas no primeiro ciclo esse resultado foi atribuído a capacidade deste tipo de cobertura disponibilizar N para a planta, já no segundo ciclo, associaram o resultado a benefícios que o resto de cultura morta do ciclo anterior trouxe para o solo (OLIVEIRA *et al.*, 2008).

Santos *et al.* (2001), avaliando a conservação e pós-colheita de alface cultivada com composto orgânico, encontraram valores de produção crescentes acompanhando o aumento das doses de composto orgânico, e verificaram aumentou no teor de água nas plantas e a consequente manutenção das características desejáveis no pós-colheita. No entanto, pelo fato da disponibilização dos nutrientes ser lenta quando usado o composto orgânico, se torna necessária a aplicação de adubação mineral no início do cultivo.

### 1.2.2 Adubação mineral

A adubação mineral no cultivo de alface traz resultados positivos em termos de produtividade. Porém, é importante considerar a qualidade final do produto, pois há ciência de que seu uso de forma inadequada pode acarretar em problemas de saúde aos consumidores, além de onerar os custos de produção (KIEHL, 1985). Quanto à nutrição mineral, a cultura tem maior exigência em relação aos macronutrientes primários (FURLANI, 1998).

Tem sido obtidos maiores respostas em produtividades no cultivo de hortaliças, com as aplicações de nitrogênio e de fósforo. O nitrogênio favorece o crescimento vegetativo, expande a área fotossintética ativa e eleva o potencial produtivo da cultura. O fósforo favorece o seu desenvolvimento radicular, aumentando assim a absorção de água e nutrientes. Já as aplicações de potássio não têm elevado a produção, mas doses adequadas favorecem a

formação e translocação de carboidratos e o uso eficiente da água. Porém, o excesso de potássio desequilibra a nutrição da planta, prejudicando a absorção e utilização de outros nutrientes como o cálcio (FILGUEIRA, 2008).

De maneira geral, dentre os nutrientes, o nitrogênio é o elemento que as plantas necessitam em maior quantidade. No entanto, segundo Faquin, Furtini e Vilela (1996), especificamente para a alface, o potássio é mais exigido que o próprio nitrogênio. Furlani (1998) encontrou para a alface crespa as concentrações de 39,1; 6,8 e 65,3 g kg ha<sup>-1</sup> respectivamente de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), indicando uma maior exigência de potássio.

Segundo Fernandes *et al.* (2002) a adubação mineral é geralmente constituída de sais inorgânicos, conhecidos como fertilizantes nitrogenados, fosfatados, potássicos, fórmulas NPK e fertilizantes com micronutrientes.

Purqueiro *et al.* (2009), ao aplicarem adubação mineral, nas doses (0; 60; 120; 180; 240 kg ha<sup>-1</sup>), na forma de uréia e molibdato de amônio no cultivo de beterraba Extra A e Extra AA, verificaram que não houve efeito significativo da interação entre nitrogênio e molibdênio para nenhuma das características avaliadas. Porém encontraram efeito estatístico para cada um dos fatores isoladamente. Para produtividade total, houve incremento linear e crescente de 27,9 kg ha<sup>-1</sup> de matéria fresca por quilograma adicional de nitrogênio utilizado, até o máximo de 46 t ha<sup>-1</sup> verificados na maior dose de nitrogênio utilizada (240 kg ha<sup>-1</sup>), e relacionaram os resultados obtidos a provável perda de uréia por volatilização.

Damasceno, Guimarães e Guimarães (2011) observaram incremento na massa fresca da parte aérea e na massa fresca da raiz de beterraba cv. Early Wonder Stays Green, para 0, 100, 200 e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Aquino *et al.* (2006) utilizando adubação com nitrogênio no plantio e Trani *et al.* (2005) com sulfato de amônio em cobertura, verificaram maiores produtividades de beterraba conforme aumentou a dose de N. Portanto, a adubação é uma prática que possibilita maior produtividade e aumento na qualidade do produto, o que torna compensatório o seu investimento (FILGUEIRA, 2008).

### 1.3 AMBIENTES DE CULTIVO

A alface pode ser cultivada no campo ou em ambiente protegido (casa de vegetação), entretanto, na última década, têm sido desenvolvidos e adotados sistemas de cultivo protegido, por maximizar a produção, permitir o cultivo durante o ano todo, facilitar o manejo da cultura, melhorar o aproveitamento dos insumos, facilitarem o controle das condições edafoclimáticas e proporcionar um produto final de maior qualidade. E também devido aos problemas que o produtor encontra no cultivo a campo, uma vez que temperaturas muito altas podem reduzir o ciclo vegetativo da cultura, induzindo ao pendoamento e consequente produção de folhas rígidas, por outro lado, temperaturas muito baixas podem retardar o crescimento da planta (TRANI, 2004).

Muitas pesquisas com vegetais são realizadas em ambientes protegidos, com o intuito de reduzir os efeitos do ambiente externo sobre a cultura em estudo, porém, verificou-se que existem resultados para uma mesma variável e fator estudado que são contraditórios ou opostos, devido a fatores internos e externos, podendo serem estes, tipo de estrutura, tamanho, tipo de cobertura do ambiente protegido e também as características genéticas da cultura em estudo (BELTRÃO, FIDELES FILHO e FIGUEIRÊDO, 2002).

Para estes autores o ambiente protegido é uma estrutura coberta com a finalidade de proteger as plantas contra os agentes meteorológicos exteriores, sendo que no seu interior podem ser cultivados os mais diversos tipos de plantas. Contudo, o ambiente protegido deve apresentar as características de eficiência e funcionalidade. Eficiente no sentido de oferecer a condição climática dentro das exigências fisiológicas de cada cultura. Funcional de forma a permitir a melhor utilização do ambiente do ponto de vista técnico e econômico (EMBRAPA, 2005).

No Brasil, os principais modelos de ambiente protegido utilizados são a capela e arco, sendo que de acordo com Filgueira (2008) esses ambientes podem ser climatizados (estufas) ou não climatizados, os quais ele denomina casa de vegetação, onde as condições climáticas como temperatura, umidade e vento podem ser controladas de forma parcial, por meio de cortinas laterais ou frontais que são abertas ou fechadas durante o dia, sendo este o modelo utilizado no estudo em questão, embora também tenha sido utilizado sensor de temperatura umidade relativa do ar (UR) no ambiente interno e externo bem como a velocidade do vento foi medida por meio de um anemômetro.

Conforme relataram Radinet *al.* (2004), em experimento avaliando o crescimento de cultivares de alface Verônica, Marisa e Regina, conduzido em ambiente protegido e a campo,

que as plantas cultivadas em ambiente protegido, apresentaram aumento de massa na matéria fresca e seca das folhas, área foliar específica e número de folhas. O ciclo da cultura foi mais curto e as cultivares não apresentaram diferenças entre si quando cultivadas em ambiente protegido. A cultivar Regina apresentou maior número de folhas e índice de área foliar que as outras cultivares.

Blat *et al.* (2011), ao cultivarem alface em casa de vegetação convencional e climatizada, encontraram melhor desempenho das características massa fresca, massa seca e número de folhas, nas cultivares de alface Belíssima, Piraroxa, Crespona Gigante, Locarno e Verônica, no cultivo em casa de vegetação convencional e atribuíram esses resultados a maior transpiração das plantas na casa de vegetação convencional.

Por sua vez Costa *et al.* (2007), ao estudarem o rendimento de três cultivares de alface, Vera (crespa), Elisa (lisa) e Taína (americana) e rúcula cv. Cultivada, no cultivo solteiro, a campo em um Latossolo Vermelho Eutroférico, durante outono-inverno e primavera-verão, constataram que o cultivo solteiro, durante a primavera-verão, forneceu o maior acúmulo de massa fresca e maior produtividade, de alface americana e rúcula. Castoldiet *al.* (2009), obtiveram valores de altura (85,37 cm), número de folhas (25,97), área foliar (21.897,16 cm<sup>2</sup>), diâmetro do caule (33,83 mm), massa fresca das “inflorescências” (773,63 g) aos atingidos aos 69 DAT e produtividade estimada de 15.473 kg ha<sup>-1</sup>, no cultivo de couve-flor no campo.

Conforme afirma Yenmez (2004) dentre os fatores climáticos que afetam a produção em ambiente protegido, pode-se destacar a radiação solar, que determina a temperatura do ar, conseqüentemente alterando a umidade relativa do ar. Corroborando com esta afirmação, Caronet *al.* (2003) ao estudarem a eficiência de conversão da radiação solar fotossinteticamente ativa interceptada pelas folhas na cultura de alface, em ambiente protegido e a campo, observaram que a fitomassa no ambiente protegido foi maior que a fitomassa produzida no campo, com a mesma quantidade de radiação solar fotossinteticamente ativa acumulada.

Buriollet *al.* (2000) ao realizarem experimento em ambiente protegido, com o objetivo de avaliar as variações de umidade relativa do ar no ambiente protegido por meio do manejo do ambiente, constataram que a média da umidade relativa do ar dentro do ambiente protegido é superior a média no exterior do ambiente.

A variação da umidade relativa do ar no interior do ambiente protegido depende principalmente da temperatura do ar e da ventilação. Conforme Buriollet *al.* (2000) ainda que a umidade relativa do ar no ambiente protegido esteja associada de modo direto a temperatura do ar e a umidade do solo, as variações de umidade relativa do ar registradas no interior do

ambiente protegido e no exterior, também podem estar associada às condições climática e do tempo da região, temperatura do ar, velocidade do vento e radiação solar.

Silva, Leal e Maluf (1999) avaliaram o desenvolvimento das cultivares de alface Elisa, Babá, Vitória e Brasil 303, em condições de temperaturas elevadas, três épocas de cultivo em ambiente protegido, e observaram que as cultivares Elisa e Vitória apresentaram maior resistência ao pendoamento e ao florescimento.

Novo, Trani e Minami (2002), ao trabalharem com o cultivo de almeirão Folha Larga, Catalonha e Pão de Açúcar, em cobertura com polietileno transparente com malha de 150  $\mu\text{m}$ , não verificaram diferença estatística no número final de folhas e produtividade, no entanto para as características área foliar e massa fresca ocorreu diferença significativa, sendo que a cultivar Pão de Açúcar foi superior as demais.

Frisina e Escobedo (1999), ao estudarem o balanço de radiação e de energia, durante o ciclo da alface, em casa de vegetação e a campo, ambas as áreas com 35m<sup>2</sup>, constataram que a transmissividade da radiação global pelo polietileno não variou durante o ciclo da alface, mostrando ser independente da superfície vegetada. Entretanto as razões entre as radiações refletidas interna e externas apresentaram variações ao longo do ciclo, provavelmente, devido ao maior crescimento da cultura dentro da estufa. O fluxo de calor latente de evaporação no meio externo apresentou aumento significativo em relação ao ambiente protegido, no qual os fluxos de calor no solo são maiores.

Apesar da importância do cultivo em ambiente protegido para a horticultura no Brasil, ainda são insuficientes os resultados de pesquisa que subsidiem o aproveitamento do potencial dessa tecnologia nas diferentes regiões climáticas do país, especialmente no que tange ao adequado manejo da irrigação (SANTOS e PEREIRA, 2004).

## REFERÊNCIAS

- AQUINO, L.A.; PUIATTI, M.; PEREIRA, P.R.G.; PEREIRA, F.H.F.; LADEIRA, I.R.; CASTRO, M.R.S. Produtividade, qualidade e estado nutricional da beterraba de mesa em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n.2, p.199-203, 2006.
- BLAT, S.F.; SANCHEZ, S.V.; ARAÚJO, J.A.C.; BOLONHEZI, D. Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, jan- mar, p. 135-138, 2011.
- BELTRÃO, N. E. M.; FILHO-FIDELES. J.; I.C.M. Uso adequado de casa-de-vegetação e telados na experimentação agrícola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p 547-552, 2002.
- BURIOL, G. A.; RIGHI, E.Z.; SCHNEIDER, F.M.; STRECK, N. A. HELDWEIN A. B.; ESTEFANEL, V. Modificação da Umidade Relativa do Ar Pelo Uso e Manejo da Estufa Plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 11–18, 2000.
- CARON, B. O.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; SCHMIDT, D.; POMMER, S. F.; BIANCHI, C. Influência da temperatura do ar e radiação solar no acúmulo de fitomassa da alface. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 275–283, 2003.
- CASTOLDI, R.; CHARLO, H.C.O.; VARGAS, P.F.; BRAZ, L.T. Crescimento, acúmulo de nutrientes e produtividade da cultura da couve-flor. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n.4. out.-dez, p. 438-446, 2009.
- COSTA, C.C.; OLIVEIRA, C.D.; SILVA, C.J.; TIMOSSI, P.C.; LEITE, I.C. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.1, jan-mar, p.118-122, 2006.
- COSTA, C.C.; CECÍLIO FILHO, A.B.; REZENDE, B.L.A.; BARBOSA, J.C.; GRANGEIRO, L.C. Viabilidade agrônômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, jan.-mar p.034-040, 2007.
- DAMASCENO, L.A.; GUIMARÃES, M.A.; GUIMARÃES, A.R. Produtividade de beterraba em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n. 2 (Suplemento - CD ROM), julho, 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Construção de estufas para produção de hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste**. Circular Técnica 38. Brasília, 2005. 16 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Adubação Orgânica. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Adubação\\_organica\\_todos\\_os\\_residuosI DzK5Pfrf3wp.pdf](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Adubação_organica_todos_os_residuosI DzK5Pfrf3wp.pdf)>. Acesso em: 03 de mai.2014.
- FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A.E.; VILELA, L.A.A. Produção de alface em hidroponia. Lavras: UFLA, 1996. 50p.

FERREIRA, R.L.F.; ARAÚJO, NETO, S.E.; SILVA, S.S.; ABUD, E.A.; REZENDE, M.I.F.L.; KUSDRA, J.F. Combinações entre cultivares, ambientes, preparo e cobertura do solo em características agronômicas de alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n.3, jul-set, p.178-181. 2009.

FERNANDES, A.A; MARTINEZ, H.E.P.;PEREIRA, P.R.G.; FONSECA, M.C.M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.20, n.2, jun, p.195-200. 2002.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3.ed. Viçosa: UFV. 2008.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G.J.; GOMES, L.A.A.; ALMEIDA, K.; MORAES,S.R.G.; TEIXEIRA, C.M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.2,abr- jun,p.146-150. 2006.

FRISINA, V. A.; ESCOBEDO, J. F. Balanço de radiação e energia da cultura de alface em estufa de polietileno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n.10, out, p. 1775-1786, 1999.

FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1998. 30 p. (Boletim Técnico 168).

GOMES, L.A.A.; RODRIGUES, A.C.; COLLIER, L.S.; FEITOSA, S.S. Produção de mudas de alface em substrato alternativo com adubação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.3, jul-set,p.359-363, 2008.

GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo:Fundação Editora da UNESP, 1998.

HORTIBRASIL. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. **Normas de Classificação da Horticultura Brasileira**. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/jnw/classificacao/alface/alface.html>>. Acesso em 10 dez.2013.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, p.492. 1985.

LÉDO, F. J. da. S.; SOUZA, J. A. de. SILVA, M. R. da. Desempenho de cultivares de alface no Estado do Acre. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, n.3, nov. 2000.

LOPES, J.C.; RIBEIRO, L.G.; ARAÚJO, M.G.; BERALDO, M.R.B.S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.143-147, jan.-mar, 2005.

LOOMIS, R. S.; CONNOR, D. J. **Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems**. Cambridge: University Press, 1992. 101p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba:Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo, Brasil, 1980.

MANTOVANI, E.C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L.F. **Irrigação – princípios e métodos**. Viçosa: Editora UFV. 2007. p. 57.

MARSCHNER H. 1995.**Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press. p.889.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, H. R. da.; SILVA, W. L. C. Procedimento simplificado para o manejo de água em hortaliças irrigadas por aspersão. **Embrapa**, Brasília, 2010.

MENGEL, k.; KIRKBY, E. A. **Principles of Plant Nutrition**.International Potash Institute, Wourblaufen-Bern, Switzerland, 1987, p. 67.

NOVO, M.C.S.S.; TRANI, P.E.; MINAMI, K. Desempenho de três cultivares de almeirão sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 1, jan.-mar, p. 84-87, 2003.

OLIVEIRA, F.F.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D.; ESPINDOLA, J.A.A.; RICCI, M.S.F.; CEDDIA, M.B.. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, abr.-jun, 2008.

PIMENTEL, M.S.; LANA, A.M.Q.; DE-POLLI, H.Rendimentos agronômicos em consórcio de alface e cenoura adubadas com doses crescentes de composto orgânico. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.40, n.3, jun-ago, p. 106-112, 2009.

PURQUERIO, L.F.V.; FACTOR, T.L.; LIMA, J.R. S.; TIVELLI, S.W.; TRANI, P.E.; BREDA, J.R. J.M.; ROCHA, M.A.V. Produtividade e qualidade de beterraba cultivada em plantio direto em função do nitrogênio e molibdênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2 (Suplemento - CD Rom), agosto, 2009.

RADIN, B.; REISSER JÚNIOR, C.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCH, H.Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 178-181, 2004.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J.; FREITAS, S. A.C.; RODRIGUES JUNIOR, J. C. Efeito de tipos de bandejas e idade de transplante de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade da alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, set-nov, p. 85-89. 2004.

SANTOS, R. H. S.; SILVA, F.; CASALI, V. W. D.; CONDE, A. R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1395-1398, 2001.

SANTOS, G. A. CAMARGO, F.A.(Ed.) **Fundamentos de Matéria Orgânica do Solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2 ed. Porto Alegre: Gênese, 2008.

SEAB/DERAL. Secretaria da agricultura e do abastecimento. Departamento de economia rural. **Olericultura - Análise da Conjuntura Agropecuária**. 2013/2014. Disponível em:<[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/olericultura\\_51720123.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/olericultura_51720123.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2015.

SEDIYAMA, M.A.N.; PEDROSA, M.W.; GARCIA, N.C.P.; GARCIA, S.R.L. Seleção de cultivares de alface para cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, n.2, p. 244-245, 2000.

SEDIYAMA, M.A.N.; VIDIGAL, S.M.; SANTOS, M.R.; SALGADO, L.T. Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n.2, abr-jun, p. 134-139, 2009.

SILVA, E. C.; LEAL, N. R.; MALUF, W.R. Avaliação de cultivares de alface sob altastemperaturas em cultivo protegido em três épocas de plantio na região nordestina. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 3, p. 491-499, 1999.

SOUZA, B.R.; ALCÂNTARA, F.A. Adubação no sistema orgânico de produção de hortaliças. **Circular Técnica 65**. Embrapa Hortaliças. Brasília. Jul. 2008.

TAIZ, E.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2009.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. Cultura da rúcula. **Boletim técnico do Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo, n. 146, p.8, 1992.

TRANI, P.E.; NOVO, M.C.S.S.; CAVALLARO JÚNIOR, M.L.; TELLES, L.M.G.. Produção de mudas de alface em bandejas e substratos comerciais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, abr-jun, p. 290-294, 2004.

TRANI, P.E.; CANTARELLA, H.; TIVELLI, S.W. Produtividade de beterraba em função de doses de sulfato de amônio em cobertura. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n.2, p. 726- 730, jul, 2005.

TRANI, P. E.; TERRA, M.M.; TECCHIO, M.A.; TEIXEIRA, L.A.J.; HANASIRO, J. Adubação Orgânica de Hortaliças e Frutíferas. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo**. Campinas, fev, 2013, p.16.

YURI, J.E.; RESENDE, G.M.; RODRIGUES JÚNIOR, J.C.; MOTA, J.H.; SOUZA, R.J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p. 127-130, jan-mar. 2004.

USDA. **National Nutrient Data Base for Standard Reference**. Disponível em: <<http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3053?fg=&man=&facet=&format=&count=&max=25&offset=&sort=&qlookup=lettuce>>. Acesso em 04 de dez. 2013.

YENMEZ, N. Activities of greenhouses in Harran Plain and its problems. **Geography Journal**, Istanbul, v. 12, p. 97-104, 2004.

VILLAS BÔAS, R. L.; PASSOS, J. C.; FERNANDES, D. M.; BÜLL, 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**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 28-34, 2004.

## **ARTIGO 1**

**CRESCIMENTO DA ALFACE cv. VANDA EM AMBIENTE PROTEGIDO E NO  
CAMPO SUBMETIDA A DIFERENTES DOSES DE ADUBAÇÃO MINERAL E  
ORGÂNICA**

## RESUMO

CAVALHEIRO, Daielly, B. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, junho de 2014. **Crescimento da alface em função do ambiente de cultivo e da adubação mineral e orgânica.** Orientador: Dr. Élcio Silvério Klosowski. Co-orientador: Dr. Affonso Celso Gonçalves Júnior.

O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento de alface cv. Vanda cultivada em ambiente protegido e a campo e diferentes doses de adubação orgânica e mineral. O experimento foi conduzido entre junho e julho de 2013, em São Miguel do Iguazu –PR. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, os tratamentos consistiram de dois ambientes (externo e protegido), duas fontes de adubação (orgânica e mineral) e três níveis de adubação (dose 0, dose recomendada e o dobro da recomendação). A análise de crescimento foi realizada em intervalo semanal de 0; 7; 14; 21; 28 e 35 dias após o transplante. A massa seca total e da folha e área foliar, foram utilizadas para o cálculo da área foliar específica, razão de área foliar, taxa de crescimento relativo, taxa de crescimento absoluto e taxa de assimilação líquida. Somente foi observado efeito de tempo para as características área foliar, área foliar específica, razão de área foliar, taxa de assimilação líquida e taxa de crescimento relativo. Enquanto ataxa de crescimento absoluto, massa seca da folha e massa seca total das plantas foram influenciadas pelos ambientes, fontes e doses de adubação. As características área foliar específica, razão de área foliar, taxa de assimilação líquida e taxa de crescimento relativo apresentaram decréscimo ao longo do ciclo da cultura. A área foliar específica apresentou valor máximo aos 0 DAT,  $4,9730 \text{ g dia}^{-1}$ , assim como a razão de área foliar e a taxa de crescimento relativo que apresentaram  $4,9480 \text{ dm}^2 \text{ g dia}^{-1}$  e  $0,2875 \text{ g g dia}^{-1}$ . Por sua vez a taxa de assimilação líquida apresentou valor máximo aos 7 DAT de  $0,2521 \text{ dm}^2 \text{ dia}^{-1}$ . O acúmulo de área foliar, massa seca da folha, massa seca total foi crescente ao longo do ciclo da cultura. A característica área foliar apresentou aos 35 DAT  $11,098 \text{ dm}^2$ . Para taxa de crescimento absoluto foi verificado que no ambiente protegido e nas plantas cultivadas com o dobro da dose recomendada de adubo mineral, ocorreu a maior taxa de crescimento absoluto  $0,5215 \text{ g dia}^{-1}$  aos 35 DAT. Do ponto de vista agrônomo, nas condições deste experimento observou-se que o ambiente protegido proporcionou condições mais adequadas para o crescimento da alface, não se observando efeito das fontes e níveis de adubação.

**Palavras-chave:** Taxas de crescimento; fitomassa; *Lactuca Sativa*.

## ABSTRACT

CAVALHEIRO, Daielly, B. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, junho de 2014. **Growth of lettuce cv. Vanda in meadow and protected environments subjected to different doses of mineral fertilizer and organic.** Advisor: Élcio Silvério Klosowski. Co-Adviser: Affonso Celso Gonçalves Júnior.

The objective was to evaluate the growth of lettuce cv. Vanda grown in greenhouse and field and different doses of organic and mineral fertilizer. The experiment was conducted in June and July 2013 in São Miguel do Iguçu-PR. The experimental design was a randomized block with four replications and the treatments consisted of two rooms (external and protected), two fertilizer sources (organic and mineral) and three fertilization levels (dose 0, recommended dose and twice the recommendation). Growth analysis was performed on a weekly interval 0; 7; 14; 21; 28 and 35 days after transplanting. The total dry matter and leaf and leaf area, were used to calculate the specific leaf area, leaf area ratio, relative growth rate, absolute growth rate and net assimilation rate. Only time effect was observed for the characteristics leaf area, specific leaf area, leaf area ratio, net assimilation rate and relative growth rate. While the absolute growth rate, dry weight of leaf and total dry mass of the plants received influences the environment, sources and fertilizer levels. Features specific leaf area, leaf area ratio, net assimilation rate and relative growth rate showed decline throughout the crop cycle. Specific leaf area to the maximum value at DAT 0,  $4.9730 \text{ g day}^{-1}$ , as well as the leaf area ratio and relative growth rate that presented  $4.9480 \text{ g d}^2 \text{ day}^{-1}$  and  $\text{day}^{-1} 0,2875 \text{ g}$ . In turn, the net assimilation rates were maximum at 7 DAT  $0.2521 \text{ dm}^2 \text{ day}^{-1}$ . The leaf area accumulation, dry leaf mass, total dry mass was growing throughout the crop cycle. The characteristic leaf area presented to 35 DAT  $11,098 \text{ dm}^2$ . For absolute growth rate was verified that in the protected environment and in plants grown at twice the recommended dose of mineral fertilizer, was the highest absolute growth rate  $0.5215 \text{ g day}^{-1}$  aos 35 DAT. From an agricultural point of view, in this experiment it was observed that the protected environment provided more suitable conditions for the growth of lettuce was not observed effect of sources and levels of fertilization.

**Keywords:** Growth rates; biomass; *Lactuca Sativa*.

## 1 INTRODUÇÃO

Do ponto de vista agrônomo, a análise de crescimento tem como objetivo descrever e interpretar as características de determinada espécie sob diferentes condições ambientais, incluindo condições de cultivo, de forma a selecionar híbridos ou espécies que apresentem características mais apropriadas (diferenças funcionais e estruturais) aos objetivos do experimentador (BENINCASA, 2003).

Portanto, a análise de crescimento é um método de grande utilidade para a avaliação das diferenças no desenvolvimento de cultivares influenciadas por práticas agrônomicas, efeitos de competição ou climáticos, e por fatores intrínsecos associados à fisiologia da planta (ANDRADE *et al.*, 2005; GUIMARÃES *et al.*, 2008).

A produtividade primária de uma cultura é, em última análise, o resultado da relação fotossíntese/respiração, expressa pela eficiência fotossintética sendo, portanto, necessário o conhecimento dos mecanismos pelos quais se dá a interação solo-planta-atmosfera, de forma que se deve investigar melhor o uso racional do microclima (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Normalmente, a mensuração sequencial do acúmulo de matéria orgânica, considerando-se a massa das partes secas da planta, é o fundamento da análise de crescimento. No entanto, vários índices fisiológicos também são utilizados nessa análise, como índice de área foliar, taxas de crescimento da cultura, de crescimento relativo e de assimilação líquida (PÔRTO *et al.*, 2005; MONTE *et al.*, 2009).

Os índices envolvidos, determinados na análise de crescimento, indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação de carbono aos locais de utilização ou de armazenamento, onde ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos (LARCHER, 2004).

O conhecimento do incremento de massa seca e área foliar durante o ciclo da cultura permitem que sejam estimados parâmetros de crescimento, como, taxa de crescimento absoluto, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida, razão de área foliar e área foliar específica. O uso de modelos matemáticos para expressar os parâmetros de crescimento das plantas, é atualmente, muito utilizado, podendo fornecer informações para a compreensão dos processos fisiológicos na morfogênese da planta (DANTAS e ESCOBEDO, 1998).

Diante do exposto o objetivo do presente trabalho foi avaliar o crescimento de alface cv. Vanda sob cultivo a campo e ambiente protegido e, submetida a diferentes doses de adubação orgânica e mineral.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido e no campo, entre junho e julho de 2013, em São Miguel do Iguaçú - PR, (Latitude 25° 20' 52" S, Longitude 54° 14' 16" W e altitude de 312m). O clima da região é do tipo Cfa subtropical, com média anual de temperaturas do ar entre 21 e 22°C, umidade relativa do ar de 75 a 80% e precipitação pluvial anual média na faixa de 1600 a 1800 mm (CAVIGLIONE *et al.*, 2012). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (EMBRAPA, 2006).

Para a caracterização química do solo na área experimental, foi realizada análise química do solo a partir de uma amostra composta, obtida a partir de 5 subamostras, retirada na profundidade de 0 a 20 cm (Tabela 1). E as adubações foram realizadas com base na fertilidade do solo, na área total do vaso 0,069 m<sup>2</sup> e nas recomendações propostas por Traniet *al.* (1997).

Tabela 01. Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm. São Miguel do Iguaçú. 2013

Amostra	MO	P	pH <sub>CaCl<sub>2</sub></sub>	H+Al	A <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V
	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	0,01 mol l <sup>-1</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							%
Solo	27,23	29,69	5,06	5,29	0,05	0,44	6,99	1,34	8,76	14,05	62,34

Análise realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental. Marechal Cândido Rondon. Unioeste.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com os tratamentos arranjos em esquema fatorial 2x2x3, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de dois ambientes (protegido e campo), duas fontes de adubação (orgânica e mineral) e três doses de adubação (dose 0, recomendação e o dobro da recomendação). As plantas foram dispostas em 864 vasos, com altura e diâmetro de 21 cm, com capacidade para 8,7kg de solo.

A adubação orgânica foi a base de húmus de minhoca nas doses de 0; 3,6 e 7,2kg/m<sup>2</sup> com 50% de disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) para a planta. E a adubação mineral foi a base de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. A adubação mineral foi aplicada nas doses de 0; 0,108 kg/m<sup>2</sup> de NPK e 0,23 kg/m<sup>2</sup> de NPK, respectivamente. Com 45% de N, 18% de P e 60% de K disponível para a planta. No período de condução do experimento, as adubações foram parceladas em três aplicações aos 1; 14 e 28 dias após o transplante das mudas. A saturação por bases foi corrigida para 70%, por meio de calagem utilizando calcário dolomítico na dose 22,0 kg/m<sup>2</sup>.

O experimento a campo foi conduzido em uma área de 45m<sup>2</sup> (9m de comprimento por 5m de largura). O experimento em ambiente protegido também foi conduzido em uma área de 45m<sup>2</sup> coberta com polietileno de baixa densidade (PEBD), espessura de 150 µm e fixada em estrutura em arco. As laterais do ambiente protegido apresentavam proteção de tela antiafídica e cortina que permanecia aberta no período entre 07h00 e 19h00.

A cultivar de alface utilizada foi a Vanda, de folhas consistentes, crespas e soltas, não formando cabeça, com alto nível de resistência ao vírus do mosaico da alface (LMV-II) e de cultivo recomendado para o inverno com ciclo de 60 dias a partir da sementeira. A sementeira foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo substrato comercial, utilizando duas sementes peletizadas por célula. Após a emergência das plântulas foi realizado desbaste deixando a planta mais vigorosa em cada célula. As mudas foram transplantadas para os vasos após 30 dias da sementeira, quando as plantas apresentavam de 5 a 6 folhas definitivas, no dia 06 de junho de 2013.

A irrigação foi realizada por gotejamento, com dois turnos de rega diários (manhã e tarde), sendo a lâmina média de água aplicada de 4,32mm e 3,22mm para o ambiente externo e protegido, respectivamente, cujos valores variaram de acordo com o coeficiente da cultura ao longo do ciclo.

A lâmina de evapotranspiração da cultura, a ser repostada por irrigação foi determinada com base nas medidas de evaporação de um mini tanque Classe A instalado no centro da área experimental em cada ambiente na altura de 0,21m. Cada mini tanque apresentava volume de 3L e área de 0,13m<sup>2</sup>. A medida de evaporação era feita diariamente às 9 h.

A medida de evaporação foi transformada em evapotranspiração de referência por meio do coeficiente de tanque, calculado com base no tamanho da bordadura, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Durante o período experimental os valores de coeficiente de tanque variaram entre 0,8 e 0,9.

A evapotranspiração da cultura foi determinada por meio da evapotranspiração de referência e do coeficiente da cultura, para o qual foram utilizados valores de 0,70 na fase inicial, 1,00 (fase vegetativa) e 0,95 (fase produtiva) (ALLEN *et al.*, 1998).

Os dados meteorológicos foram coletados por meio de um sensor de temperatura e umidade relativa do ar (UR), anemômetro e pluviômetro. O sensor de temperatura do ar apresentava escala de -40 a + 70°C e o sensor de UR entre 0 e 100%. A unidade de memória destes sensores tem capacidade de registro de até 32.000 observações. O anemômetro de canecas utilizado foi da marca HOMIS, modelo AM 4220, com escala de medida entre 0,9 e

35 m/s, resolução de 0,1 m/s e acurácia de  $\pm 2\% + 0,2\text{m/s}$ . O pluviômetro utilizado da marca INSTRUTHERM, com escala de medida de 0 a 150 mm, com subdivisões de 0,1 mm.

A análise de crescimento foi feita com base na coleta semanal de amostras destrutiva de plantas aos 0, 7, 14, 21, 28 e 35 dias após o transplântio (DAT). Na data do transplântio (0 DAT) foram coletadas seis plantas por tratamento, enquanto para as demais avaliações foram retiradas duas plantas por tratamento.

Após a amostragem, as plantas foram lavadas com detergente líquido neutro em água corrente tratada e após retirar o excesso de água foram embaladas em sacos plásticos identificados por ambiente, tipo e dose de adubação, posteriormente as amostras foram armazenadas em caixa térmica e levadas ao Laboratório de Agronomia da estação experimental da Unioeste *Campus* de Marechal Cândido Rondon - PR.

As plantas coletadas para amostra foram seccionadas para determinação da massa seca das folhas (MSF) (folhas) e massa seca total (MST) (folhas, caule e raiz), ainda foram coletadas aleatoriamente seis folhas de cada amostra e extraídos disco foliares. O material foi secado em estufa de circulação forçada de ar a  $75^{\circ}\text{C}$ , por 72 horas, até atingir massa constante e a pesagem das amostras secas obtidas por meio de uma balança analítica com precisão de 0,01g.

Para quantificação dos parâmetros relativos à análise de crescimento: área foliar (AF), taxa de crescimento absoluto (TCA), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilação líquida (TAL), razão de área foliar (RAF) e área foliar específica (AFE) utilizou-se a metodologia proposta por (BENINCASA, 2003).

Dessa forma, a área foliar e os demais parâmetros de crescimento foram estimados por meio das seguintes equações:

$$AF = \frac{(AF_{amostra} \times MSF)}{MS_{amostra}} \quad (1)$$

Em que:

AF = área foliar ( $\text{dm}^2$ )

AF<sub>amostra</sub> = área foliar da amostra ( $\text{dm}^2$ )

MSF = massa seca das folhas (g)

MS<sub>amostra</sub> = massa seca de amostra (g)

$$TCA = \frac{(MS_2 - MS_1)}{T_2 - T_1} \quad (2)$$

$$TCR = \frac{(\ln MS_2 - \ln MS_1)}{T_2 - T_1} \quad (3)$$

$$TAL = \frac{(MS_2 - MS_1)}{(AF_2 - AF_1)} \times \frac{(\ln AF_2 - \ln AF_1)}{(T_2 - T_1)} \quad (4)$$

$$RAF = \frac{AF_1}{MS_1} \quad (5)$$

$$AFE = AF_1 - MSF \quad (6)$$

Em que:

TCA = taxa crescimento absoluto (g dia<sup>-1</sup>)

TCR = taxa crescimento relativo (g g<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>)

TAL = taxa assimilação líquida (g dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)

RAF = razão de área foliar (dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)

AFE = área foliar específica (dm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)

MST<sub>1</sub> = massa seca total da planta na amostragem anterior (g)

MST<sub>2</sub> = massa seca total da planta na amostragem subsequente (g)

T<sub>2</sub> - T<sub>1</sub> = intervalo de tempo entre duas amostragens (g)

AF<sub>1</sub> = área foliar da planta na amostragem anterior (dm<sup>2</sup>)

AF<sub>2</sub> = área foliar da planta na amostragem subsequente (dm<sup>2</sup>)

MSF = massa seca da folha (g)

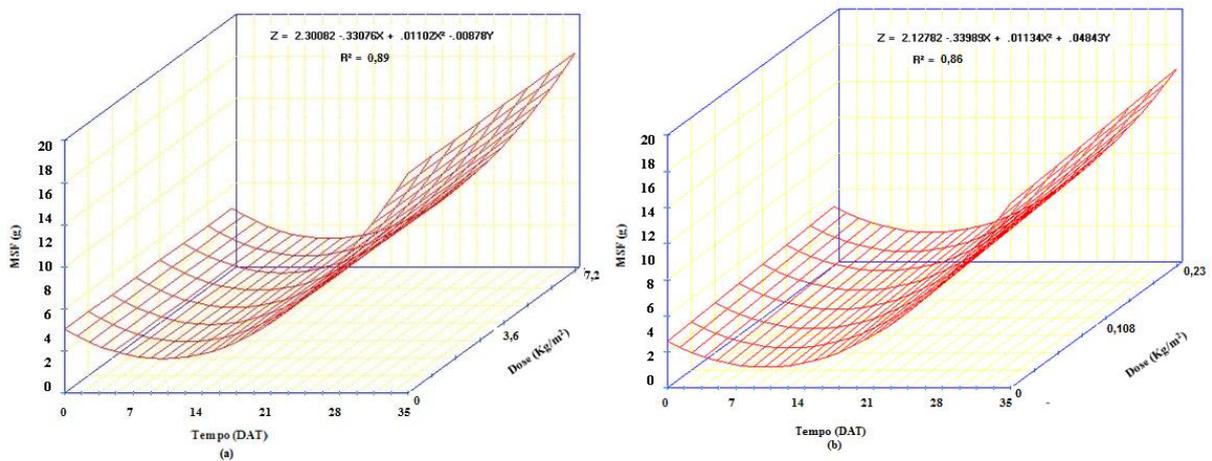
Após tabulação, os dados foram ajustados em função do tempo (avaliações), para os ambientes, fontes e doses de adubação, utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ, 2006).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

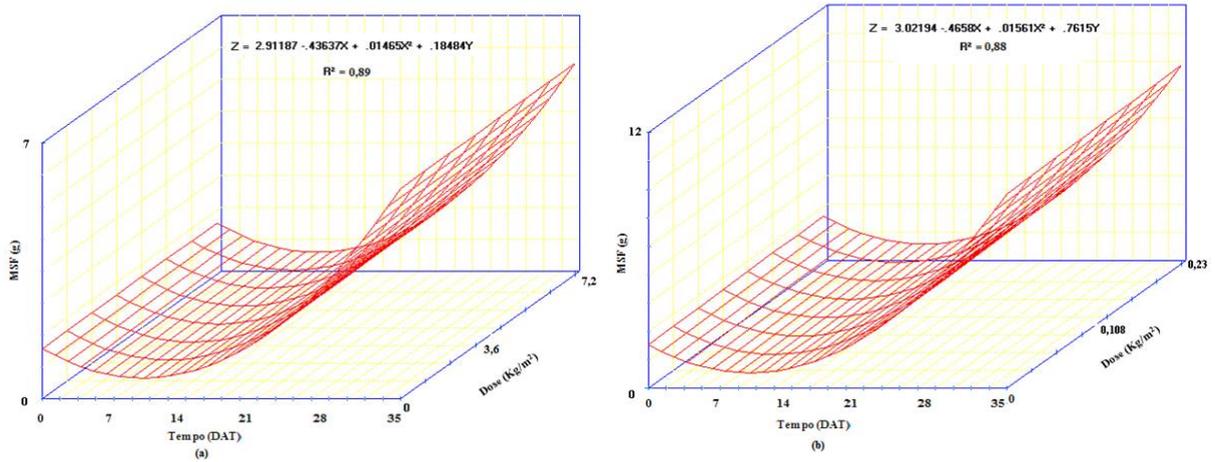
Diferença estatística foi observada nos índices de crescimento das plantas de alfacecv. Vanda, massa seca da folha (MSF) e massa seca total (MST) em função dos ambientes, fontes e doses de adubação. O ajuste de equações gerou superfícies de resposta do crescimento das plantas nos ambientes de produção sob doses de adubação orgânica e mineral.

As plantas cultivadas em ambiente protegido apresentaram maior acúmulo massa seca da folha e total. No entanto, se observa nos dois ambientes de cultivo decréscimo destas massas até o 10 DAT, o que pode ter ocorrido em função do tempo de adaptação da planta ao novo ambiente. Neste período de adaptação, o gasto de energia pela planta, para manutenção das atividades fisiológicas como a expansão da área foliar que é responsável pela interceptação de energia luminosa, captação de CO<sub>2</sub> e produção de matéria seca vegetal, foi maior que a destinada ao acúmulo de massa, a qual 90% em média é acumulada pelas plantas, durante a fase de crescimento e resultante da atividade fotossintética (GONDIM *et al.*, 2009; BENINCASA, 2003).

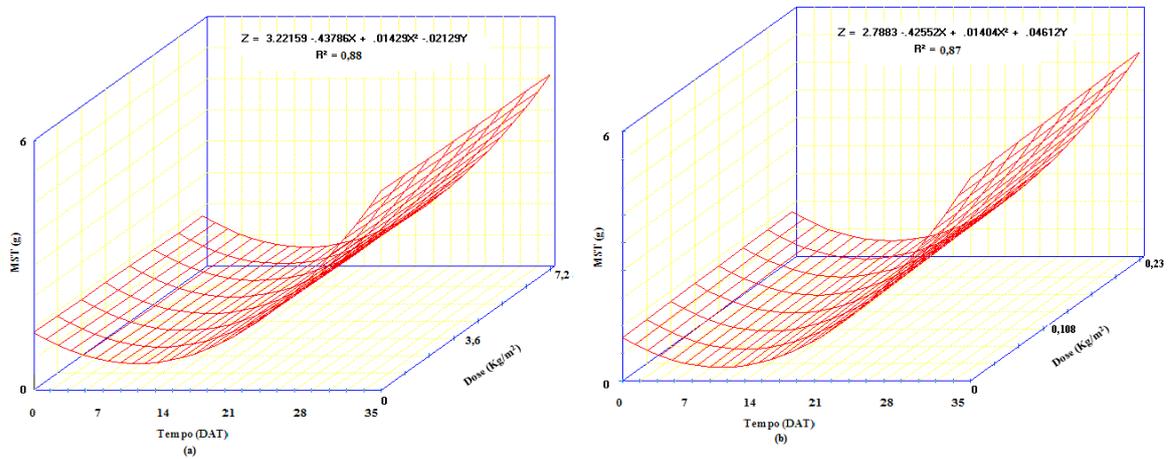
As plantas de alface cultivadas com o dobro da dose recomendada de adubação mineral acumularam maior MSF (Figuras 01b e 02b) e MST (Figuras 03b e 04b), os resultados obtidos aos 35 DAT para o campo foram 4,47g MSF e 5,43g MST e no ambiente protegido 11,32g MSF e 12,92g MST. Entretanto, nota-se que o efeito de tempo (avaliações) foi mais expressivo do que o efeito de doses de adubação.



Figuras 01 – Massa seca da folha (MSF – g), de alface cv. Vanda no campo em função do tempo e doses de adubação orgânica (a) e mineral (b). Marechal Cândido Rondon, 2013.



Figuras 02 – Massa seca da folha (MSF – g), de alface cv. Vanda no ambiente protegido, em função do tempo e doses de adubação orgânica (a) e mineral (b). Marechal Cândido Rondon, 2013.



Figuras 03 – Massa seca total (MST – g), de alface cv. Vanda no campo, em função de tempo e doses de adubação orgânica (a) e mineral (b). Marechal Cândido Rondon, 2013.

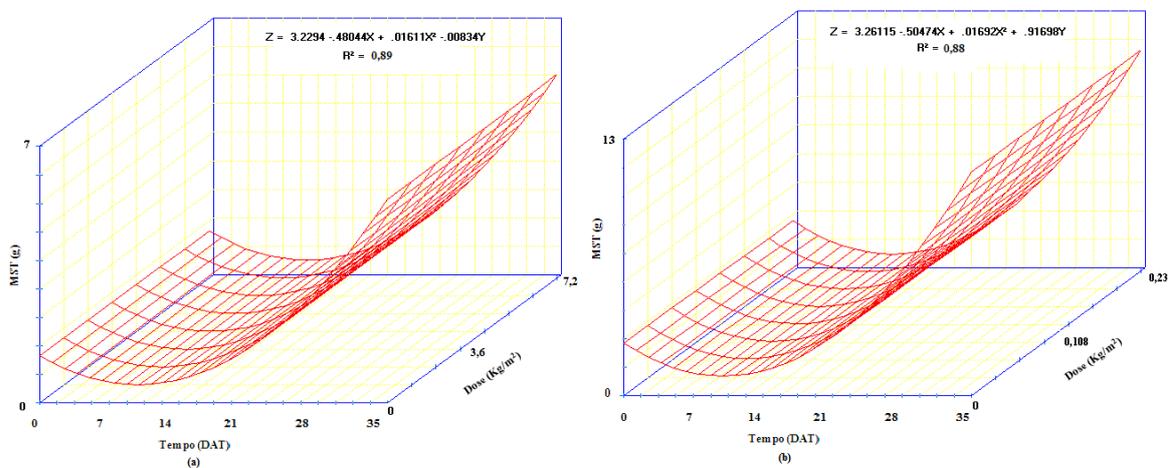


Figura 04 – Massa seca total (MST – g), de alface cv. Vanda no ambiente protegido, em função de tempo e doses de adubação orgânica (a) e mineral (b). Marechal Cândido Rondon, 2013.

As respostas da alface aos ambientes, fontes e doses de adubação se devem à boa adaptabilidade da cultivar Vanda às condições propiciadas pelo ambiente climático de cultivo. O cultivo a campo poderia ter ocasionado perda na qualidade das folhas considerando que se observa a ocorrência de precipitação pluvial em praticamente todo o ciclo da cultura com total diário de até 30,0mm como se observa na Figura 05. A temperatura média diária do ar a campo foi de 17,2°C e em ambiente protegido de 23,6°C (Figura 06). A partir de 15 DAT, a temperatura do ar se manteve abaixo de 20,0°C nos dois ambientes de cultivo, condições que *Traniet al.* (2004) sugerem como ideais para a cultura de alface.

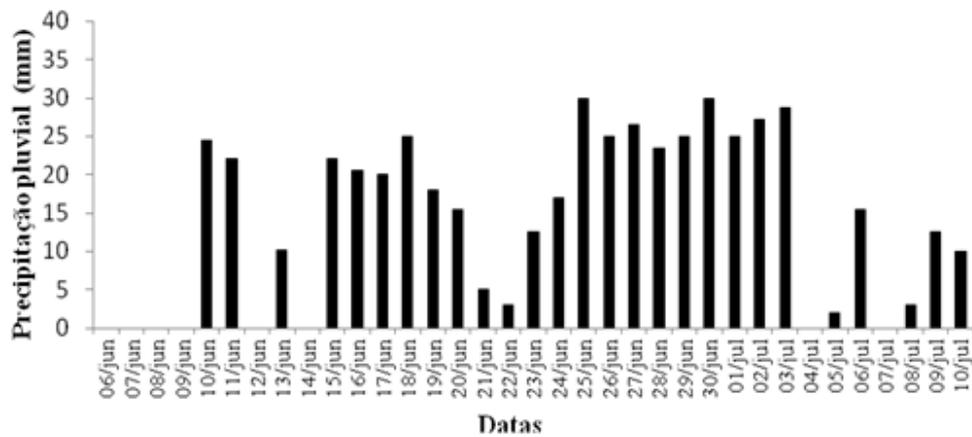


Figura 05 - Precipitação pluvial diária no período de 06 de junho a 10 de julho de 2013, no município de São Miguel do Iguçu

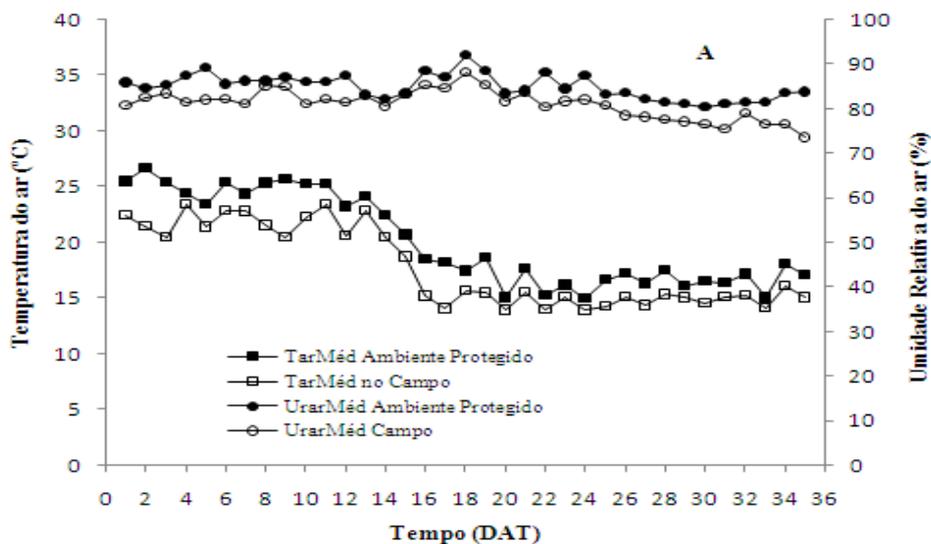


Figura 06 - Médias de temperatura do ar e Umidade Relativa do ar no ambiente protegido e no campo, no período de 06 de junho a 10 de julho de 2013 no município de São Miguel do Iguçu

A área foliar (AF), a área foliar específica (AFE), a razão de área foliar (RAF), a taxa de assimilação líquida (TAL) e a taxa de crescimento relativo (TCR), foram influenciadas somente pelo tempo transcorrido após o transplante.

A área foliar (Figura07) aumentou exponencialmente a partir de 0 DAT (2,278dm<sup>2</sup>), obtendo aos até de 14,1780dm<sup>2</sup> aos 35 DAT.

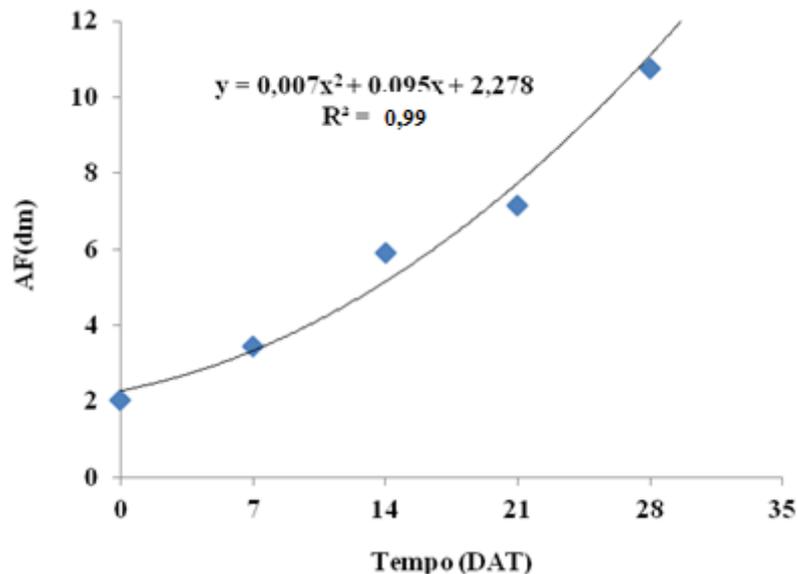


Figura 07 – Área foliar de alface cv. Vanda em função do tempo. Marechal Cândido Rondon, 2013.

O aumento da área foliar no decorrer do ciclo da cultura é consequência do crescimento das plantas, de acordo com o que sugerem Caronet *et al.* (2004), condição fundamental para a produção de fotoassimilados e posteriormente distribuição e acúmulo de fitomassa sobretudo para culturas folhosas. Por se tratar de período chuvoso com céu parcialmente nublado a nublado houve redução na luminosidade e com o crescimento da planta aumenta o sombreamento provocado pelas folhas superiores o que também pode explicar o aumento da superfície de área foliar.

A área foliar específica (Figura 08 (a)) e a razão de área foliar (Figura 08(b)) apresentaram valores semelhantes aos 0 DAT. A partir desta data, a área foliar específica foi maior do que a razão de área foliar. Esta estratégia, segundo Silva *et al.* (2006), visa elevar a habilidade competitiva das plantas sob baixa luminosidade por meio do aumento da área foliar, uma vez que as folhas inferiores aumentam sua espessura por meio do acúmulo de fotoassimilados. As variações em um componente podem exercer influência sobre o outro, considerando que a área foliar específica é o componente morfológico e anatômico da razão de

área foliar e por refletir a espessura da folha e a proporção relativa da assimilação e funcionamento dos tecidos foliares (BENINCASA, 2003; KVET, *et al.*, 1971).

A área foliar específica reduziu linearmente de 4,9730  $\text{dm}^2/\text{g}$  para 4,4831  $\text{dm}^2/\text{g}$  durante o ciclo da cultura de alface cv. Vanda (Figura 08a). Essa resposta demonstra que houve pouco acúmulo de material estrutural, que pode ter sido comprometido pelo rápido crescimento das plantas, conforme demonstram os valores de razão de área foliar. Resultado semelhante foi reportado por Radinet *et al.* (2004) que observaram que com o decorrer do tempo a área foliar específica diminuiu nas plantas de alface. Enquanto Goto *et al.* (2002), ao cultivarem alface em ambiente protegido e a campo, verificaram que a área foliar específica reduziu a partir dos 49 dias após a semeadura.

A razão de área foliar expressa a área foliar útil utilizada pela planta para realizar fotossíntese, ou seja, é a relação entre área foliar e o que a planta produz de matéria seca (Benincasa, 2003). A RAF apresentou decréscimo linear de 4,9480  $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$  para 3,1800  $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$  (Figura 08 (b)). A redução neste componente da análise de crescimento era esperada, pois diminuiu com o crescimento das plantas o que indica que houve interferência das folhas superiores sobre as inferiores, devido ao autosombreamento, havendo redução da área foliar útil, para a produção de matéria seca.

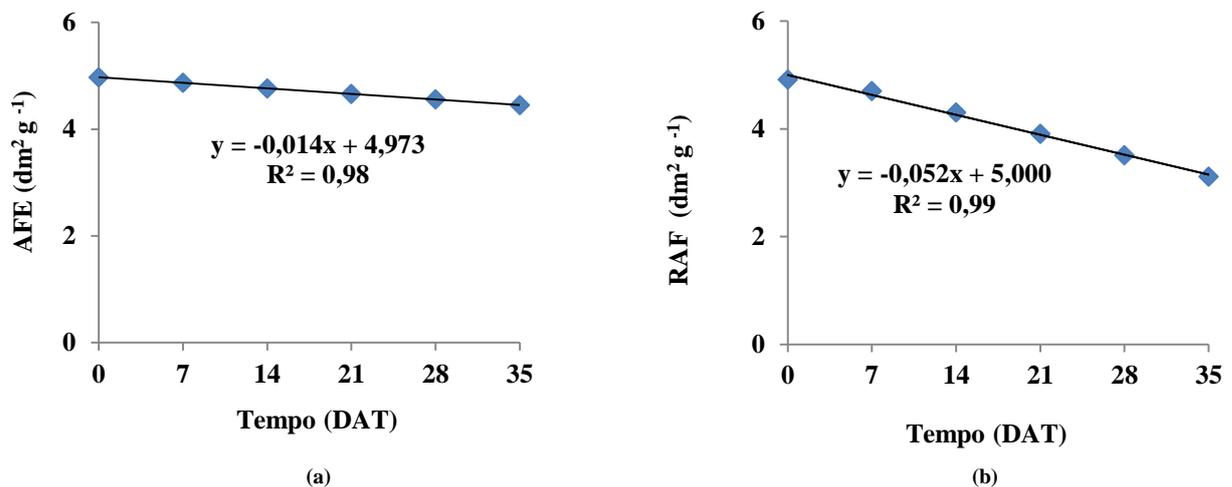


Figura 08 – (a) Área foliar específica, (b) Razão de área foliar de alface cv. Vanda em função do tempo. Marechal Cândido Rondon, 2013.

A taxa de crescimento relativo (Figura 09(a)) representa o incremento na massa de matéria seca em um intervalo de tempo entre as amostragens. Este componente da análise de crescimento, é utilizado na avaliação do crescimento vegetal (Reis e Muller, 1979) e depende da quantidade de material acumulado gradativamente. A TCR variou linearmente de 0,2875 g

$\text{g}^{-1} \text{dia}^{-1}$  para  $0,2520 \text{ g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ . Resultados semelhantes foram observados por Steiner, Zoz e Pinto Junior (2009) ao longo do ciclo da alface cv. Grand Rapids, cujos valores variaram entre  $0,09$  e  $0,11 \text{ g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ , bem como para o crisântemo (FARIAS e SAAD, 2011) e manjerição (BARREIROS *et al.*, 2006).

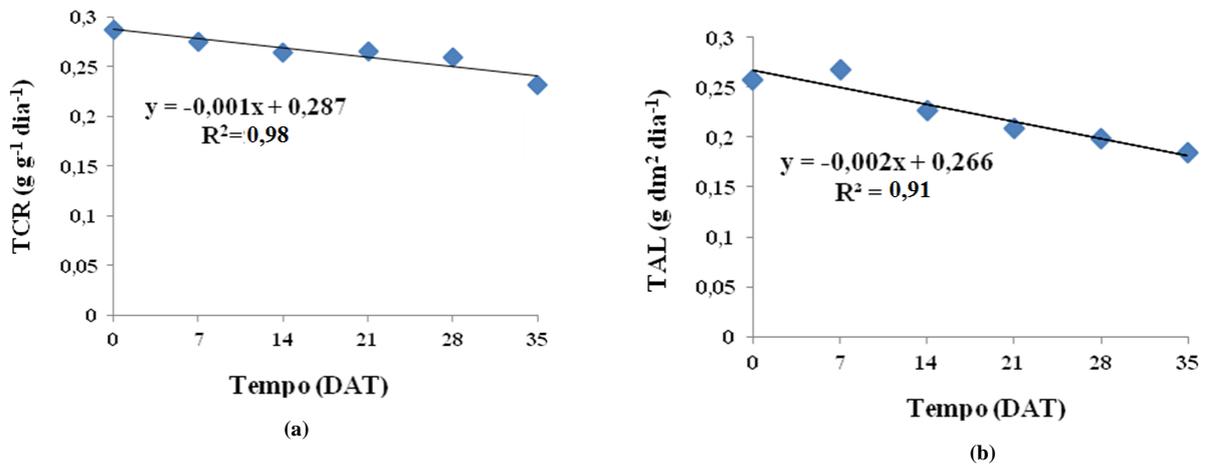


Figura 09 – (a) Taxa de crescimento relativo (TCR –  $\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ), (b) Taxa de assimilação líquida (TAL –  $\text{g dm}^{-2} \text{g}^{-1}$ ) de alface cv. Vanda em função do tempo. Marechal Cândido Rondon, 2013

O decréscimo da taxa de crescimento relativo da cultura é amplamente relatado na literatura (Benincasa, 2003; Costa, 2005). Este decréscimo se deve a elevação da atividade respiratória e autossombreamento, cuja importância aumenta com o avanço do ciclo fenológico da planta (Urcheiet *al.*, 2000) e normalmente ocorre quando a taxa de assimilação líquida passa a ser negativa (Cometti *et al.*, 2008). A taxa de assimilação líquida, entretanto, não assumiu valores negativos para este experimento (Figura 09(b)). Benincasa (2003) argumenta ainda que as alterações na taxa de crescimento relativo ocorrem porque este parâmetro de crescimento, depende de outros dois parâmetros a área foliar útil para fotossíntese e a taxa de fotossíntese líquida.

Por vez a taxa de assimilação líquida expressa a fotossíntese líquida, ou seja, matéria seca produzida, por unidade de área foliar em um intervalo de tempo. Como se observa na Figura 09(b) o maior valor de TAL foi  $0,2521 \text{ g dm}^{-2} \text{dia}^{-1}$  (7 DAT) o que é explicado pela presença de folhas jovens e de elevada capacidade fotossintética nesse período inicial, além do autossombreamento ser reduzido (GONDIM *et al.*, 2008).

Com o desenvolvimento da planta, há redução na velocidade de acúmulo de biomassa por unidade foliar, que ocorre em função da redução na capacidade fotossintética das folhas em expansão e aumento contínuo do autossombreamento, bem como, aumento da carga respiratória de manutenção dos tecidos (GOMIDE e GOMIDE, 1999).

Complementando, Pereira e Machado (1987) ressaltam que a taxa de assimilação líquida representa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido pela respiração e indica a eficiência de uma planta na produção de matéria seca. Milla *et al.* (2008) sugerem que a baixa luminosidade induz a produção de folhas mais finas, mas com maior área de interceptação de luz, ou seja, a menor taxa de assimilação líquida, nesta condição, pode estar associada à maior área foliar específica.

Resultados semelhantes foram observados por Pedó *et al.* (2014) ao trabalhar com três doses de nitrogênio no cultivo de rabanete. Conceição, Lopes e Fortes (2005) obtiveram tendências semelhantes ao analisarem o crescimento de duas cultivares de batata-doce sob condições de campo. Lopes *et al.* (2007) também observaram que a taxa de assimilação líquida em mudas de alface diminuiu com a idade das plantas, além do efeito do sombreamento das folhas superiores.

A taxa de crescimento absoluto indica a velocidade média de crescimento da planta ao longo do seu ciclo, ou seja, é a variação da massa da matéria seca em duas amostras consecutivas em um intervalo de tempo (Benincasa, 2003). Para a TCA houve efeito do tempo, doses e fontes de adubação que pode ser expresso por uma superfície de resposta como se observa nas Figuras 10 e 11 para cultivo a campo e em ambiente protegido, respectivamente.

Como se depreende das Figuras 10 (a) e (b) e 11 (a), a taxa de crescimento absoluto da alface cv. Vanda se manteve constante em função do tempo, doses e fontes de adubação para cultivo a campo utilizando adubação orgânica e mineral e em ambiente protegido utilizando adubação orgânica.

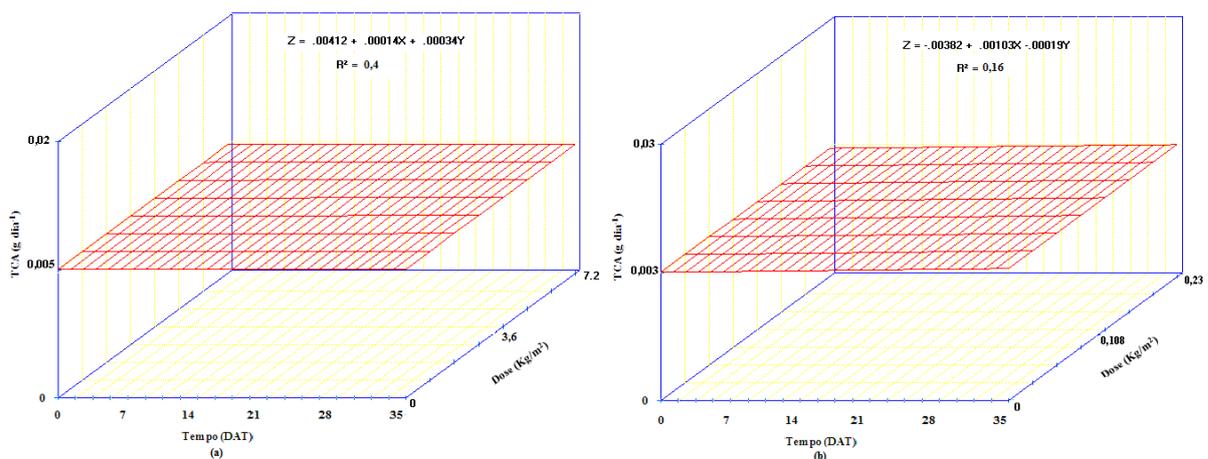


Figura 10 – Taxa de crescimento absoluto (TCA – g dia<sup>-1</sup>), de alface cv. Vanda em função do cultivo em campo e doses de adubação orgânica (a) e mineral (b). Marechal Cândido Rondon, 2013.

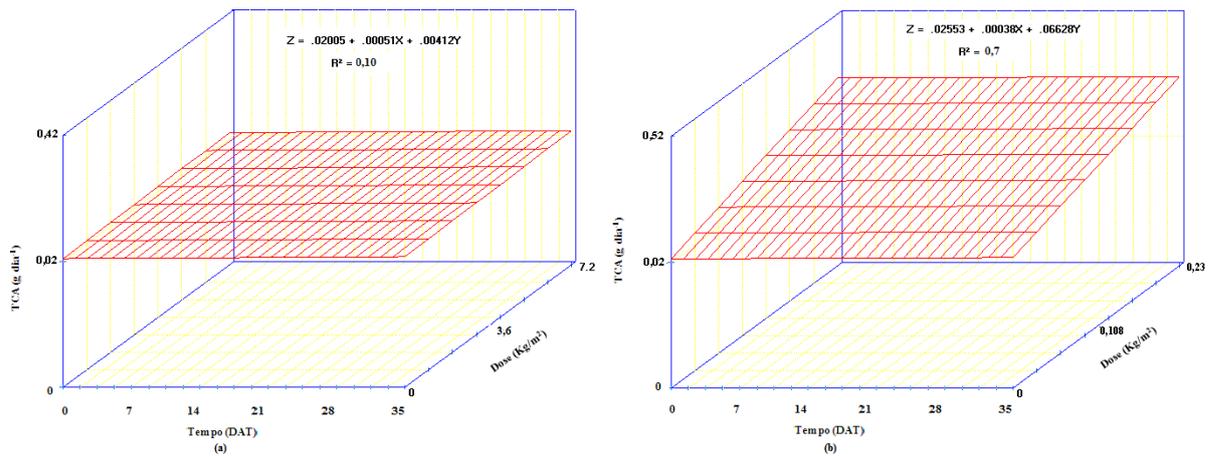


Figura 11 – Taxa de crescimento absoluto (TCA – g dia<sup>-1</sup>), de alface cv. Vanda em função de ambiente protegido e doses de adubação orgânica (a) e mineral (b). Marechal Cândido Rondon, 2013.

A maior TCA das plantas de alface cultivadas em ambiente protegido com adubação mineral (0,0541 g dia<sup>-1</sup>) se deve ao maior crescimento e acúmulo de massa propiciado pela fonte de adubação (Figura 11 (b)) o que pode ter possibilitado a extração de nutrientes de forma mais rápida e eficiente do que quando se utilizou adubação orgânica.

Além de que no ambiente protegido a cobertura propiciou distribuição da radiação solar de maneira uniforme. A distribuição uniforme da radiação solar em ambiente protegido se deve, segundo Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), aos materiais utilizados nas coberturas e nas laterais que permitem um processo de múltiplas reflexões. Ainda se pode destacar que, em períodos chuvosos e nublados, como ocorreu neste experimento, a superfície recebe maior proporção de radiação difusa, que por não ter direção predominante, penetra melhor entre as plantas melhorando sua captação pelas folhas e a eficiência fotossintética, especialmente em ambiente protegido.

## 4 CONCLUSÕES

As chuvas frequentes do período de condução do experimento prejudicaram o crescimento das plantas de alface no campo, refletindo nos resultados obtidos para as características produtivas da cultura. No entanto, a média de temperatura e UR do ar permaneceram próximas das condições ideais para a cultura.

Nas condições deste experimento observou-se que o tempo transcorrido a partir do transplântio exerceu efeito mais expressivo no crescimento da cultura de alface do que as fontes e doses de adubação utilizadas, tendo o ambiente protegido apresentado condições mais favoráveis para o crescimento da cultura.

A adubação orgânica, seria a mais recomendada por apresentar menor custo ao produtor. Embora esta fonte de adubação disponibilize nutrientes para as plantas de forma mais lenta, esta diferença poderia ser compensada por meio da redução do ciclo da alface quando cultivada em ambiente protegido.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M. da; LOPES, R. dos S.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; CECON, P.R.; QUEIROZ, D.S.; PEREIRA, D.H.; REIS, S.T. Análise de crescimento do capim elefante 'Napier' adubado e irrigado. **Ciência eAgrotecnologia**, Lavras, v.29, p.415-423, 2005.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Cropevapotranspiration: guidelinesforcomputing cropwaterrequirements**. Rome: FAO, 1998. 301 p.
- BARREIRO, A. P.; ZUCARELLI, V.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Análise de crescimento de plantas de manjerição tratadas Com reguladores vegetais. **Bragantia**, Campinas, v.65, n. 4, p. 563-567, 2006
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. 2. ed. Jaboticabal : FUNEP, 2003.
- CARON, B. O.; POMMER, S. F.; SCHMIDT, D.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P. Crescimento da alface em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.3, n.2, p. 97-104, 2004.
- CAVIGLIONE, J. H. ; KIIHL, L. R. B. ; CARAMORI, P. H. ; OLIVEIRA, D.. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. CD-ROM. Disponível em: <http://www.iapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>. Acesso em:17 de dez. 2012.
- COMETTI, N. N.; MATIAS, G. C. S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M. S. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico-sistema NFT.**Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n.2 , p. 262-267, 2008.
- CONCEIÇÃO, M. K.; LOPES, N. F.; FORTES, G. R. L. Análise de crescimento de plantas de batata-doce(*Ipomoea batatas* (L.) Lam) cultivares abóbora e da costa. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 273-278, 2005.
- COSTA, E.G. Crescimento inicial do maracujazeiro amarelo sob diferentes tipos e níveis de salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Brasília, v.9, p. 242-247, 2005. (Suplemento).
- CRUZ, C. D. . Programa GENES - versão windows. Aplicativo computacional em Genética e Estatística. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2001. v. 1. 648 p.
- DANTAS, R.T.; ESCOBEDO, J.F. Índices morfo-fisiológicos da alface (*Lactuca Sativa L.*) em ambientes natural e protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.2, p.27-31, 1998.
- EMBRAPA/SEBRAE. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema de Classificação dos Solos. **Embrapa solos**, 2º Ed. Rio de Janeiro. 2006.

FARIAS, M. F. de.; SAAD, J. C. C. Análise de crescimento do crisântemo de vaso, cultivar Puritan, irrigado em diferentes tensões de água em ambiente protegido. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1 p. 75-79, 2011.

GOMIDE, J. A.; GOMIDE, C. A. Fundamentos e estratégias do manejo de pastagens. In: Simpósio sobre a produção de bovinos de corte, 1., 1999, Viçosa. Anais. Viçosa: **Suprema**, p. 179-200, 1999.

GONDIM, A. R. O.; PUIATTI, M.; VENTRELLA, M. C.; CECON, P. R. Plasticidade anatômica da folha de taro cultivado sob diferentes condições de sombreamento. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 4, p. 1037-1045, 2008.

GONDIM, T.M.S.; SILVA, F.F.S.; FERNANDES, P.D.; BELTRÃO, N.E.M.; SILVAFILHO, J.L. Teor relativo de água e métodos para determinação de área foliar em algodão colorido *Gossypium hirsutum* cultivar BRS 200 MARROM. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO**, 7, 2009, Foz do Iguaçu.

GOTO, R.; ECHER, M.M.; GUIMARÃES, V.F.; CARNEIRO JÚNIOR, A.G.; BRANCO, R.B.F.; RODRIGUES, J.D. Crescimento e produção de três cultivares de alface sob condições de ambiente protegido e campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, julho, o. p. 151-157. 2002.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; NEVES, P. de C.F. Eficiência produtiva de cultivares de arroz com divergência fenotípica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, p.465-470, 2008.

KVĚT, J.; ONDOCK, J. P.; NEČAS, J.; JARVIS, P. G. Methods of growth analysis. In: ŠESTÁK, Z.; ČATSKÝ, J.; JAVIS, P.G. (Ed.). **Plant photosynthetic production: Manual of methods**. The Hague: 1971. p.341-391.

LARCHER W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: Rima Artes e Textos, 2004.

LOPES, L. W.; BOARO, C. S. F.; PERE, M. R. GUIMARÃES, V. F. Crescimento de mudas de alface em diferentes substratos. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 20, n. 4, p. 19-25, 2007.

MILLA, R.; REICH, P. B.; NIINEMETS, Ü.; CASTRO-DÍEZ, P. Environmental and developmental controls on specific leaf area are little modified by leaf allometry. **Functional Ecology**, London, v. 22, n. 4, p. 565-576, 2008.

MONTE, J.A.; PACHECO, A. de S.; CARVALHO, D. de F.; PIMENTEL, C. Influência do turno de rega no crescimento e produção do tomateiro no verão em Seropédica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, p.222-227, 2009.

PEDÓ, T.; AUMONDE, T. Z.; MARTINAZZO, E. G.; VILLELA, F. A.; LOPES, N. F.; MAUCH, C. R. Análise de crescimento de plantas de rabanete submetidas a doses de adubação nitrogenada. **Biosci**. Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 1-7, Jan-Feb. 2014.

PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas, SP: Instituto Agronômico. 1987. 33p. (IAC Boletim técnico nº 114).

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia – Fundamentos e Práticas.** Guaíba, RS:Ed. Agropecuária LTDA, 2002.

PÔRTO, D.R. de Q.; NEGREIROS, M.Z. de; MEDEIROS, J.F. de; GONDIM, A.R. de O.; BEZERRA NETO, F. Crescimento do melão ‘Torreon’ cultivado em diferentes coberturas de solo e lâminas de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.18, p.232-237, 2005.

RADIN, B.; REISSER JÚNIOR, C.; MATZENAUER, R.; BERGAMASHI, H. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, abr-jun, p.178-181, 2004.

REIS, G. G.; MULLER, M. W. **Análise de crescimento de plantas. Mensuração do crescimento.** Belém, PA: Ed. FCAP, 1978.

SANTOS JÚNIOR, J. D. G.; MONTEIRO, F. A.; LAVRES JUNIOR, J. Análise de Crescimento do capim-Marandu submetido a doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 33, n. 6, p.1985-1991, 2004.

SILVA, M. L. S.; VIANA, A. E. S.; SÃO JOSÉ, A. B.; AMARAL, C. L. F.; MATSUMOTO, S. N.; PELACANI, C. R. Desenvolvimento de mudas de maracujazeiro (*Passiflora edulis*Sims f. *flavicarpa*Deg.) sob diferentes níveis de sombreamento. **Acta ScientiarumAgronomy**, Maringá,v. 28, n. 4, p. 513-521, 2006.

STEINER, F.; ZOZ,T.; PINTO JUNIOR, A. S. Crescimento e produtividade de alface crespa cultivada em sistema hidropônico e convencional. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.2, n.4, p.42-48, 2009.

TRANI P.E.; PASSOS, F.A.; AZEVEDO FILHO, J.A. Alface, almeirão, chicória, escarola, rúcula e agrião d'agua. In: **RAIJ B van; CANTARELLA H; QUAGGIO JA; FURLANI AMC. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** Campinas: IAC. p.168-169, 1997.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

## **ARTIGO 2**

**AMBIENTES E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO MINERAL E ORGÂNICA NA  
PRODUTIVIDADE DE ALFACE (*Lactuca sativa* L.) cv. VANDA**

## RESUMO

CAVALHEIRO, Daielly, B. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, junho de 2014. **Ambientes e níveis de adubação mineral e orgânica na produtividade de alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Vanda.** Orientador: Dr. Élcio Silvério Klosowski. Co-orientador: Dr. Affonso Celso Gonçalves Júnior.

O objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade da alface cv. Vanda em ambiente protegido e a campo diferentes doses de adubação orgânica e mineral. O experimento foi conduzido entre junho e julho de 2013, em São Miguel do Iguazu –PR. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, os tratamentos consistiram de dois ambientes (campo e protegido), duas fontes de adubação (orgânica e mineral) e três níveis de adubação (dose 0, dose recomendada e o dobro da recomendação). As características avaliadas aos 35 DAT foram altura de planta, número de folhas, diâmetro e comprimento do caule, área foliar, projeção da copa, massa fresca total e da folha e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). O cultivo em ambiente protegido propiciou condições climáticas mais apropriadas ao desenvolvimento e produção de alface cv. Vanda resultando em maior altura de plantas (27,49 cm), projeção da copa (434,38 cm<sup>2</sup>). As plantas cultivadas em ambiente protegido tenderam a apresentar maior número de folhas e área foliar independente da fonte e dose de adubação utilizada. De modo geral, o diâmetro de caule, massa fresca total e produtividade da cultivar de alface Vanda foram maiores quando o cultivo foi em ambiente protegido utilizando adubação orgânica. A produtividade obtida em ambiente protegido com dose de 3,6kg/m<sup>2</sup> de adubo orgânico foi de 4,72kg/m<sup>2</sup> que diferiu dos resultados obtidos para campo, mas foi semelhante aos resultados obtidos para o dobro da dose recomendada de adubação orgânica e das doses de adubação mineral aplicadas. Desta forma, nas condições em que este experimento foi conduzido, o cultivo em ambiente protegido, utilizando a dose recomendada de adubação orgânica seria mais indicada para o cultivo comercial de alface cv. Vanda.

**Palavras-chave:** Fertilizante; Campo; Evapotranspiração.

## ABSTRACT

CAVALHEIRO, Daielly, B. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, junho de 2014. **Environments and levels of mineral and organic fertilization on lettuce (*Lactuca sativa* L.) cv. Vanda.** Advisor: Dr. Élcio Silvério Klosowski. Co-advisor: Dr. Affonso Celso Gonçalves Júnior.

The objective of this study was to evaluate the productivity of lettuce cv. Vanda in protected and meadow environment in function of levels of mineral and organic fertilizer (0 dose, recommended dose and double the recommended dose). The experiment was conducted among June and July 2013 in São Miguel do Iguçu, Paraná. The experimental design was randomized blocks arrangement with four replicates, the treatments consisted of two rooms, two sources and three levels of fertilization. The characteristics evaluated were plant height, number of leaves, stem diameter, stem length, leaf area, canopy projection, total fresh weight, fresh weight of leaf and productivity. Data were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey test ( $p < 0.05$ ). The protected environment presented more appropriate climatic conditions for the development and production of lettuce cv. Vanda. The protected environment provided the highest plant height (27.49 cm), canopy projection (434.38 cm<sup>2</sup>), leaf area of plants and number of leaves. The largest stem diameter was obtained in plants grown under the recommended dose of organic fertilizer in the external environment, while in the greenhouse, there was no effect of fertilization on this feature. The mineral fertilizer in the protected environment provided the best result of accumulation of fresh leaf mass and total fresh mass, the same was observed in the external environment. In this experiment conditions, the cultivation in protected environment, with the recommendation of organic fertilizer would be more suitable for commercial planting of lettuce cv. Vanda.

**Keywords:** Fertilization; Open Field; Evapotranspiration.

## 1 INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a principal hortaliça folhosa comercializada e consumida no Brasil, sendo um componente básico no preparo de saladas, apresentando baixo valor calórico, boa fonte de vitaminas e de sais minerais e de fácil aquisição podendo ser produzida durante o ano inteiro (EMBRAPA/SEBRAE, 2012). A alface do tipo crespa é predominante, por apresentar aspecto de manuseio e transporte facilitado devido à disposição de suas folhas, o que a torna preferível entre os grupos (RODRIGUES *et al.*, 2007). Este grupo de alface apresenta ainda melhor resistência a doenças, maior período pós-colheita e melhor paladar (SANTOS *et al.*, 2009).

A prática de cultivo de hortaliças vem apresentando expansão considerável se inserido principalmente na agricultura familiar, contribuindo para a geração de emprego e aumento na produção de alimentos. Entretanto, o setor necessita de mais estudos, especialmente sobre ambiente de cultivo e formas de adubação (KANO *et al.*, 2012; MAROUELLI *et al.*, 2011), considerando que a produção dessa hortaliça varia ao longo do ano em função das condições climáticas de cada região.

Os sistemas de cultivo, especialmente em ambiente protegido permitem maximizar a produção, cultivo durante o ano todo, facilitar o manejo da cultura e das condições ambientais, melhor aproveitamento dos insumos, e proporciona um produto final de maior qualidade (AGUIAR, 2004).

Embora o ambiente exerça influência na produção de alface, diversos estudos vem sendo realizados sobre as necessidades nutricionais da alface em ambientes diversos, (STEINER; ECHER; GUIMARÃES, 2012; COMETTI *et al.*, 2008).

No que se refere a adubação, especialmente a utilização de composto orgânico, é altamente benéfica a cultura da alface (FILGUEIRA, 2008). Estudos sobre o uso de adubo orgânico no cultivo de alface demonstraram que o mesmo favorece o rendimento e qualidade da alface crespa (YURI *et al.*, 2004). Este tipo de adubo permite aporte de matéria orgânica ao solo capaz de melhorar sua capacidade de troca catiônica e a retenção de água (MALAVOLTA *et al.*, 2006).

No entanto, a disponibilização dos nutrientes é lenta, sendo necessária a aplicação de adubação mineral no início do cultivo (SEDIYAMA *et al.*, 2009). Desta forma se fornece os nutrientes necessários a planta de forma imediata, acelerando o desenvolvimento da cultura.

Considerando que a ambiência e a nutrição são fatores que interferem diretamente nas condições de crescimento, desenvolvimento e produtividade, este trabalho teve o objetivo de avaliar as características produtivas da alface cv. Vanda em ambiente protegido e campo em função de níveis de adubação mineral e orgânica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido e a campo, entre junho e julho de 2013, em São Miguel do Iguaçu - PR, (Latitude 25° 20' 52" S, Longitude 54° 14' 16"W e altitude de 312m). O clima da região é do tipo Cfa subtropical, com média anual de temperaturas do ar entre 21 e 22°C, umidade relativa do ar de 75 a 80% e precipitação pluvial anual média na faixa de 1600 a 1800 mm (CAVIGLIONE *et al.*, 2012). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (EMBRAPA, 2006).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2x2x3, com quatro repetições. As plantas foram dispostas em 864 vasos, com altura e diâmetro de 21 cm, com capacidade para 8,7kg de solo. Os tratamentos consistiram de dois ambientes (protegido e campo), duas fontes de adubação (orgânica e mineral) e três doses de adubação (dose 0, recomendação e o dobro da recomendação).

Para a caracterização química do solo na área experimental, foi realizada análise química do solo a partir de uma amostra composta retirada na profundidade de 0 a 20 cm (Tabela 1). E as adubações foram realizadas com base na fertilidade do solo, na área total do vaso 0,069 m<sup>2</sup> e nas recomendações propostas por Trani *et al.* (1997).

Tabela 01. Caracterização química do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm. São Miguel do Iguaçu. 2013

Amostra	MO	P	pHCaCl <sub>2</sub>	H+Al	A <sup>3+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	V
	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	0,01 mol l <sup>-1</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----							%
Solo	27,23	29,69	5,06	5,29	0,05	0,44	6,99	1,34	8,76	14,05	62,34

Análise realizada no Laboratório de Química Ambiental e Instrumental. Marechal Cândido Rondon. Uniãoeste.

A adubação orgânica foi a base de húmus de minhoca nas doses de 0; 3,6 e 7,2kg/m<sup>2</sup> com 50% de disponibilidade de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) para a planta. E a adubação mineral foi a base de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio. A adubação mineral foi aplicada nas doses de 0; 0,108 kg/m<sup>2</sup> de NPK e 0,23 kg/m<sup>2</sup> de NPK, respectivamente. Com 45% de N, 18% de P e 60% de K disponível para a planta. No período de condução do experimento, as adubações foram parceladas em três aplicações aos 1; 14 e 28 dias após o transplântio das mudas. A saturação por bases foi corrigida para 70%, por meio de calagem utilizando calcário dolomítico, na dose de 22kg/m<sup>2</sup>.

O campo consistiu de uma área de 45 m<sup>2</sup> (9 m de comprimento e cinco metros de largura). O ambiente protegido apresentava 3 m de pé direito, com estrutura em arco, coberta com polietileno de baixa densidade (PEBD), com espessura de 150 µm. Com cortinas nas laterais e proteção de tela anti-afídica. As cortinas eram abertas todos os dias às 7h e fechadas às 19h.

A cultivar de alface utilizada foi a Vanda, de folhas consistentes, crespas e soltas, não formando cabeça, com alto nível de resistência ao vírus do mosaico da alface (LMV-II) e de cultivo recomendado para o inverno com ciclo de 60 dias a partir da sementeira. A sementeira foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo substrato comercial, utilizando duas sementes peletizadas por célula. Após a emergência das plântulas foi realizado desbaste deixando a planta mais vigorosa em cada célula. As mudas foram transplantadas para os vasos após 30 dias da sementeira, quando as plantas apresentavam de 5 a 6 folhas definitivas, no dia 06 de junho de 2013.

A irrigação foi realizada por gotejamento, com dois turnos de rega diários (manhã e tarde), sendo a lâmina média de água aplicada de 3,22 mm e 4,32 mm para o ambiente protegido e campo, respectivamente. A lâmina de evapotranspiração da cultura, a ser repostada por irrigação foi determinada com base nas medidas de evaporação de um mini tanque Classe A instalado no centro da área experimental em cada ambiente na altura de 0,21m. Cada mini tanque apresentava volume de 3L e área de 0,13m<sup>2</sup>. A medida de evaporação era feita diariamente às 9 h.

A medida de evaporação foi transformada em evapotranspiração de referência por meio do coeficiente de tanque, calculado com base no tamanho da bordadura, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Durante o período experimental os valores de coeficiente de tanque variaram entre 0,8 e 0,9.

A evapotranspiração da cultura foi determinada por meio da evapotranspiração de referência e do coeficiente da cultura, para o qual foram utilizados valores de 0,70 na fase inicial, 1,00 (fase vegetativa) e 0,95 (fase produtiva) (ALLEN *et al.*, 1998).

Os dados meteorológicos foram obtidos por meio de um sensor de temperatura e umidade relativa do ar (UR), anemômetro e pluviômetro. O sensor de temperatura do ar apresentava escala de -40 a + 70°C e o sensor de UR entre 0 e 100%. A unidade de memória destes sensores tem capacidade de registro de até 32.000 observações. O anemômetro de canecas utilizado foi da marca HOMIS, modelo AM 4220, com escala de medida entre 0,9 e 35 m/s, resolução de 0,1 m/s e acurácia de  $\pm 2\% + 0,2\text{m/s}$ . O pluviômetro utilizado da marca INSTRUTHERM, com escala de medida de 0 a 150 mm, com subdivisões de 0,1 mm.

A colheita foi realizada 35 dias após o transplântio, amostrando-se duas plantas de cada parcela útil. Antes da colheita foram determinadas com o auxílio de uma régua, altura das plantas (AP) partindo-se da superfície do solo até a maior folha da planta, comprimento de caule (CC), diâmetro da planta (DP), obtido pela média entre o diâmetro transversal e longitudinal da planta, projeção da copa (PC) correspondente a área de sombreamento da planta.

Após a coleta, as plantas foram lavadas com detergente líquido neutro em água corrente tratada e após retirar o excesso de água foram embaladas em sacos plásticos identificados por ambiente, tipo e dose de adubação, posteriormente as amostras foram armazenadas em caixa térmica e levadas ao Laboratório de Agronomia da estação experimental da Unioeste *Campus* de Marechal Cândido Rondon - PR.

Em laboratório nas amostras coletadas, determinou-se o número de folhas (NF), partindo-se das folhas basais até a última folha aberta, comprimento de caule (CC), diâmetro de caule (DC). A produtividade foi calculada a partir dos dados de massa fresca total (MFT) e foliar (MFF), obtidas por meio de uma balança analítica com precisão de 0,01g. Para quantificação da área foliar (AF), utilizou-se o método de amostragens de acordo com a metodologia de (BENINCASA, 2003).

Após tabulação, os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ, 2006).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os cultivos da alface no ambiente protegido e no campo apresentaram efeito significativo, para as características altura de planta e projeção da copa.

Tabela 2. Comprimento do caule (CC), Altura de planta (AP) e Projeção da copa (PC) de alface cultivar Vanda em função dos ambientes. São Miguel do Iguaçu. 2013

Ambientes	CC (cm)	AP (cm)	PC (cm <sup>2</sup> )
Campo	14,60 A	25,79 B	270,07 B
Protegido	19,09 A	27,49 A	434,38 A
CV(%)	13,16	8,64	12,81

A característica comprimento de caule que é um indicativo da resistência ao pendoamento da cultivar, não apresentou efeito de ambiente e nem de adubação nas plantas. O que sugere que o cultivo da alface nos dois ambientes foi influenciado pelas condições climáticas. Costa *et al.* (2006) ao estudar rabanete sob diferente fontes e doses de adubação, obtiveram resultados semelhantes para esta característica e concluíram que isso se deve a menor incidência de radiação solar durante o ciclo da cultura, em decorrência de precipitações pluviais.

A alface cv. Vanda apresentou maior altura e projeção da copa quando cultivada em ambiente protegido (Tabela 2). Neste ambiente, em decorrência da transmissividade do material empregado na cobertura, as plantas crescem mais em altura em busca de luz, uma vez que este é o principal elemento climático que determina o seu crescimento, além de água e nutrientes disponíveis na solução solo (TAIZ e ZEIGER, 2009).

De modo geral a projeção da copa das plantas representa a média entre o diâmetro longitudinal e transversal da planta e indica o quanto a planta se expandiu horizontalmente. Tal resultado é um indicativo de que a baixa luminosidade pode ter influenciado esta característica, provocando a expansão longitudinal e transversal das folhas das plantas, ou seja, aumento da área fotossintética, principalmente no ambiente protegido.

Conforme se verifica na Tabela 3 os parâmetros área foliar e número de folhas da alface no ambiente protegido apresentaram médias superiores ao das plantas cultivadas no campo, exceto para os tratamentos com dose recomendada de adubação mineral, no qual houve semelhança entre os ambientes.

Tabela 3. Número de folhas (NF), e Área Foliar (AF) de alface cultivar Vanda em função dos ambientes. São Miguel do Iguaçu. 2013

Ambientes	NF	AF (dm <sup>2</sup> )
<b>Campo</b>		
Sem adubação orgânica	6,75 B	9,20 B
Dose 3,6 kg/m <sup>2</sup>	7,12 B	12,46 B
Dose 7,2 kg/m <sup>2</sup>	7,00 B	12,63 B
Sem adubação mineral	6,62 B	15,42 B
Dose 0,108 kg/m <sup>2</sup>	8,60 A	19,62 A
Dose 0,23 kg/m <sup>2</sup>	7,37 B	12,14 B
<b>Protegido</b>		
Sem adubação orgânica	8,43 A	12,87 B
Dose NPK 3,6 kg/m <sup>2</sup>	9,62 A	19,95 A
Dose NPK 7,2 kg/m <sup>2</sup>	9,63 A	19,98 A
Sem adubação mineral	8,59 A	17,23 B
Dose NPK 0,108 kg/m <sup>2</sup>	9,00 A	20,80 A
Dose NPK 0,23 kg/m <sup>2</sup>	9,75 A	20,50 A
CV(%)	11,93	23,17

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na vertical não diferem estatisticamente entre si para os ambientes.

Tabela 4. Diâmetro do Caule (DC), Massa Fresca Total (MFT), Massa Fresca da Folha (MFF) e Produtividade (Prod) de alface cultivar Vanda em função dos ambientes, doses e tipo de adubação. São Miguel do Iguaçu. 2013

Ambientes	DC (mm)	MFT (g)	MFF (g)	Prod. (kg/m <sup>2</sup> )
<b>Campo</b>				
Sem adubação orgânica	8,47 Bb	186,15 Bb	162,26Bbc	3,68Bbc
Dose 3,6 kg/m <sup>2</sup>	9,41 Bab	198,07 Bab	170,26Ab	3,86Bbc
Dose 7,2 kg/m <sup>2</sup>	9,52 Bab	202,31 Bab	175,04Ab	3,97Ab
Sem adubação mineral	8,90 Bb	188,58 Bb	168,43Bbc	3,82Bbc
Dose 0,108 kg/m <sup>2</sup>	11,35 Aa	220,24Aa	196,20Aab	4,45Aa
Dose 0,23 kg/m <sup>2</sup>	10,62 Bab	232,98 Aa	206,35Aab	4,68Aa
<b>Protegido</b>				
Sem adubação orgânica	11,71 Aa	135,75 Bb	197,53 Bb	4,48Ab
Dose 3,6 kg/m <sup>2</sup>	11,96 Aa	158,14 Aab	208,11 Aab	4,72Aa
Dose 7,2 kg/m <sup>2</sup>	12,42 Aa	166,33 Aab	218,25 Aab	4,95Aa
Sem adubação mineral	9,96 Bab	114,6 Bb	187,83 Bb	4,26Bb
Dose 0,108kg/m <sup>2</sup>	12,71 Aa	194,73 Aa	228,95 Aa	5,20Aa
Dose 0,23 kg/m <sup>2</sup>	12,68 Aa	183,02 Aa	242,94 Aa	5,51Aa
CV (%)	10,13	26,43	28,31	18,05

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical não diferem estatisticamente entre si para os tratamentos. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na vertical não diferem estatisticamente entre si para os ambientes.

O diâmetro do caule (Tabela 4) apresentou média menor para as plantas cultivadas no campo. Não foi observado diferença no diâmetro do caule das plantas em relação as fontes de adubação.

Conforme se observa na Figura 1, o período de condução do experimento foi marcado por chuvas frequentes, com dias de céu parcialmente nublado com redução na incidência de radiação solar, o que possivelmente, ocasionou maior expansão da área foliar, crescimento da parte área edímetro do caule.

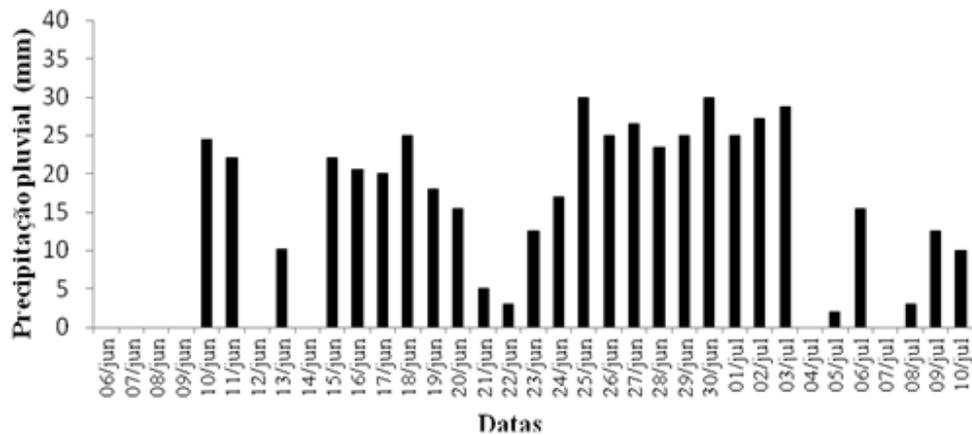


Figura 1 -Total diário de precipitação pluviométrica no período de 06 de junho a 10 de julho de 2013, no município de São Miguel do Iguaçú

Cabe ressaltar, que conforme mencionado anteriormente não houve diferença entre os ambientes para a característica comprimento do caule, o que é um indicio de que a diferença nas características de altura de planta, diâmetro de caule e projeção da copa, nos ambientes podem ter sido causadas pelo excesso de chuvas que reduziu a luminosidade, comprometendo a qualidade das plantas conforme destacam Costa *et al.* (2011), especialmente as cultivadas no ambiente campo.

Entre as plantas de alface cultivadas no campo com adubação mineral e as plantas cultivadas no ambiente protegido com adubação orgânica e mineral, não houve efeito de ambiente e adubação para a massa fresca da folha.

A massa fresca total por planta foi menor, que a relatada em outros estudos, sendo as maiores médias 232,98g e 242,94g por planta, o que sugere que mesmo cultivares recomendadas para cultivo no inverno, podem ter o acúmulo de massa influenciados por temperaturas baixas e UR do ar elevadas. Salgado *etal.*(2006), em cultivos de alface da cultivar Verônica em sistema orgânico, verificaram acúmulo de massa de 342,00g por planta.

Goto *et al.* (2002), também observaram maior acúmulo de massa fresca total nas plantas cultivadas em ambiente protegido, o que pode estar relacionado ao maior acúmulo de

água nas folhas das plantas cultivadas nesse ambiente, mas segundo Caronet *et al.* (2004) a produção de massa fresca está diretamente relacionada com a área foliar da planta, sobretudo em hortaliças folhosas.

A produtividade da cultivar de alface Vanda foram maiores quando o cultivo foi em ambiente protegido utilizando adubação orgânica. A produtividade obtida em ambiente protegido com dose de 3,6kg/m<sup>2</sup> de adubo orgânico foi de 4,72kg/m<sup>2</sup> que diferiu dos resultados obtidos para campo, mas foi semelhante aos resultados obtidos para o dobro da dose recomendada de adubação orgânica e das doses de adubação mineral aplicadas.

A média de produtividade obtida para ambiente protegido e a campo foi superior à de outros estudos com a cv. Vanda, como o relatado por Rodrigues *et al.* (2007) que obtiveram produtividade 2,90 kg/m<sup>2</sup>.

A produtividade da alface não aumentou com as doses de adubação utilizadas, resultado que diverge dos obtidos por Pimentel *et al.* (2009) com aplicação de doses crescentes de adubação mineral. No entanto, se assemelham aos encontrados por Rodrigues *et al.* (2007) para alface crespa trabalhando com doses de adubação mineral e orgânica.

Das Figuras 01 e 02 se depreende que durante o cultivo da alface até os 14 dias após o transplantio (DAT), ocorreu um período de temperatura média de 25,48°C e 23,31°C no ambiente protegido e no campo respectivamente, com umidade relativa do ar acima de 70% e ocorrência de chuvas durante praticamente todo o período. O que sugere que a temperatura do ar acelerou o crescimento até os 15 DAT, (20 de junho), contribuindo para a redução do ciclo vegetativo da cultura e conseqüente acúmulo de massa fresca total. Trani *et al.* (1992) sugerem que o desempenho da alface seja favorecido por temperaturas amenas, entre 18 e 20°C.

A partir dos 15 DAT se observa redução na temperatura do ar de 4,69°C e de 5,57°C com aumento da UR do ar de 3,6% e 2,5% no ambiente protegido e no campo, respectivamente. Filgueira (2008) relata que a adaptação da cultura as condições ambientais, interferem nas atividades fisiológicas e nas características morfológicas da planta, podendo representar um fator limitante no seu cultivo, comprometendo a produtividade da cultura, ou seja, altas temperaturas podem reduzir o ciclo vegetativo, induzindo o pendoamento precoce, enquanto temperaturas muito baixas podem retardar o crescimento da planta.

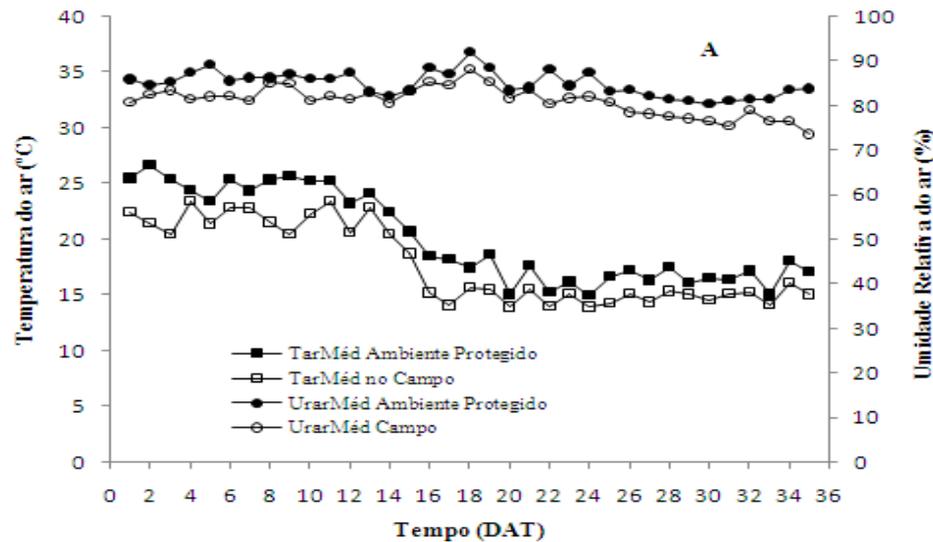


Figura 02 – Temperatura do ar média e Umidade Relativa do ar no ambiente protegido e no campo, no período de 06 de junho a 10 de julho de 2013 no município de São Miguel do Iguaçú

Cabe aqui destacar que embora o cultivo da alface em ambiente externo tenha ficado exposto à precipitação pluvial durante todo o período experimental, o que não ocorre em ambiente protegido, não é possível afirmar que a produtividade da cultura foi prejudicada pela maior lixiviação dos nutrientes neste ambiente.

A ausência de adubação não apresentou diferença significativa no crescimento da cultura entre os ambientes, exceto para a característica diâmetro do caule, bem como para a produtividade da alface não houve diferença significativa entre os tratamentos sem adubação em ambos os ambientes, o que reforça a ideia que a disponibilidade de nutrientes para as plantas não sofreu influenciada quantidade de chuvas e sim da quantidade de fertilizante incorporada ao solo nos vasos.

Para Reis, Rodrigues e Reis (2012), a alface absorve pouco nitrogênio na primeira metade do ciclo de desenvolvimento, devido ao sistema radicular ainda pouco desenvolvido. E segundo o mesmo autor, a terceira e última adubação por estar próxima da colheita, pode não ser aproveitada pela cultura, devido ao curto período de tempo entre a aplicação do adubo e a colheita.

Siqueira *et al.* (2011) associaram a baixa produtividade a alta pluviosidade. Por outro lado Santos *et al.* (2009), ao trabalhar com alface tipo crespa a campo na região de Cáceres-MT sob altas temperaturas obtiveram resultados semelhantes para acúmulo de massa, diâmetro da planta, comprimento de caule e produtividade.

As condições ambientais foram mais propícias para o desenvolvimento das plantas cultivadas em ambiente protegido. De acordo com Frisina e Escobedo (1999) a cobertura de

polietileno retém em torno de 20,4% da radiação solar, havendo assim menores intensidades de irradiações globais e refletidas. Condição para a cultura da alface que promove aumento de área foliar, contribuindo para uma maior quantidade de massa por planta (RADIN *et al.*, 2004).

Pela Figura 03 se observa que a evapotranspiração da cultura tendeu a decrescer ao longo do ciclo da cultura, provavelmente devido ao maior porte das plantas ao final do ciclo, competição pela ocupação do espaço aéreo pelas folhas e menor eficiência na renovação do ar (HELDWEIN, 2001).

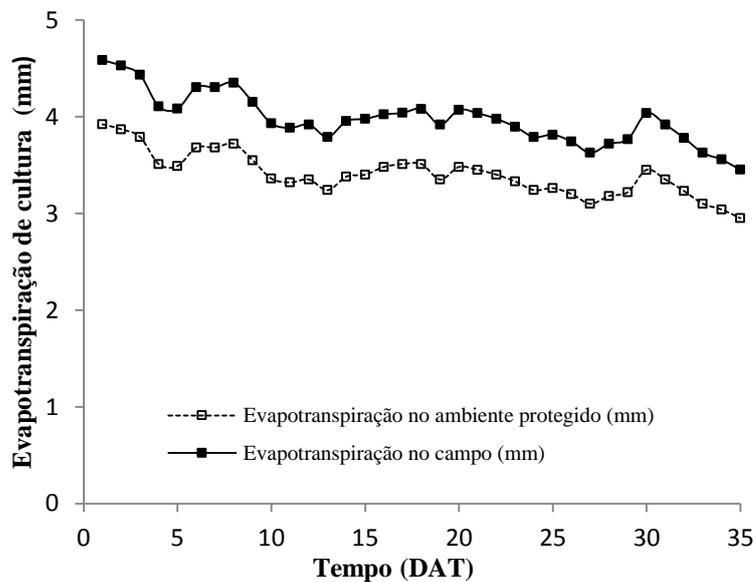


Figura 03 – Evapotranspiração de referência da cultura no ambiente protegido e no campo em função dos dias. No período de 06 de junho a 10 de julho de 2013 no município de São Miguel do Iguçu

A menor lâmina de evapotranspiração de cultura observada no ambiente protegido se deve a menor disponibilidade energética para o processo de transferência de calor latente neste ambiente, provocada pela atenuação da radiação solar pela cobertura plástica e maior umidade relativa do ar (PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS, 2002). A evaporação no interior do ambiente protegido é geralmente menor que a verificada no exterior, fato este, que pode ser atribuído à opacidade da cobertura à radiação solar, bem como, pela redução da ação do vento (RESENDE *et al.*, 2004).

Considerando que a altura da planta, diâmetro e massa da parte aérea e o diâmetro de caule apresentam correlação negativa com excesso de água no solo (NUÑEZ FLECHA, 2004). Assim, como para estas variáveis e também para a produtividade foram encontrados valores superiores aos de outros trabalhos com alface, se pode concluir que a lâmina de

irrigação aplicada com base na evapotranspiração de cultura não promoveu excesso de água no solo, tendo proporcionado disponibilidade hídrica suficiente para suprimento das funções fisiológicas das plantas.

Constata-se com os resultados obtidos no período de cultivo, ou seja, a época é um fator determinante no cultivo de hortaliças, pois a condição climática de uma estação, neste caso o inverno, interfere em todo o sistema fisiológico das plantas, podendo promover alterações na interceptação de radiação solar, função estomática e alterações na respiração.

#### 4 CONCLUSÕES

Para projeção da copa e produtividade da cultura de alface cv. Vanda houve efeito significativo do ambiente. O cultivo em ambiente protegido com a dose recomendada de adubação orgânica ( $3,6\text{kg/m}^2$ ) proporcionou produtividade de  $4,72\text{kg/m}^2$ , semelhante aos resultados obtidos com adubação mineral.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. L. **Cultivo em ambiente protegido: histórico, tecnologia e perspectivas**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. p.301.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: noções básicas**. Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão. 2. ed. Jaboticabal, Brasil, 2003. p. 41.
- CARON, B. O.; POMMER, S.F.; SCHMIDT, D; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S. L.P. Crescimento da alface em diferentes substratos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.3, n.2, p. 97-104, 2004.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina : IAPAR, 2000. CD-ROM. Disponível em: <http://www.iapar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>. Acesso em: 17 de dez. 2012.
- COMETTI, N.N.; MATIAS, G.C.S.; ZONTA, E.; MARY, W.; FERNANDES, M.S. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico-sistema NFT. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.2, abr-jun, p.252-257, 2008.
- COSTA, C.C.; OLIVEIRA, C.D.; SILVA, C.J.; TIMOSSI, P.C.; LEITE, I.C. 2006. Crescimento, produtividade e qualidade de raízes de rabanete cultivadas sob diferentes fontes e doses de adubos orgânicos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.1, jan-mar, p.118-122, 2006.
- COSTA, C. M. F.; SEABRA JÚNIOR, S.; ARRUDA, G. R. de.; SOUZA, S. B. S. de. Desempenho de cultivares de rúcula sob telas de sombreamento e campo aberto. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 93-102. 2011.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006.
- EMBRAPA/SEBRAE. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema de Classificação dos Solos. **Embrapa solos**, 2. ed. Rio de Janeiro, RJ. 2006. p.193.
- EMBRAPA/SEBRAE. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Catálogo Brasileiro De Hortaliças: saiba como planta e aproveitar 50 das espécies mais comercializadas no País**. Brasília (DF): EMBRAPA. 2012. p.60.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3.ed. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008.
- FRISINA, V. de A.; ESCOBEDO, J. F. Balanço de radiação e energia da cultura de alface em estufa de polietileno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.10, 1999. p.1775-1786.

GOTO, R.; ECHER, M.M.; GUIMARÃES, V.F.; CARNEIRO JÚNIOR, A.G.; BRANCO, R.B.F.; RODRIGUES, J.D. Crescimento e produção de três cultivares de alface sob condições de ambiente protegido e campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, julho. p. 151-157. 2002.

HELDWEIN, A. B. Utilização do evaporímetro de Piche exposto à radiação solar para estimar a evapotranspiração máxima do pimentão em estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 213-217, 2001.

YURI, J.E.; RESENDE, G.M.; RODRIGUES JÚNIOR, J.C.; MOTA, J.H.; SOUZA, R.J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p. 127-130, jan-mar, 2004.

KANO C.; CHAVES, F.C.M.; BERNI, R.F.; GONÇALVES, N.R.; SUINAGA, F.A. Avaliação de cultivares de alface crespa sob cultivo protegido no município de Iraduba/AM. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p. 394-394, jul, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**.1.ed. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres Ltda.2006.

MARQUELLI WA.; MEDEIROS MA.; SOUZA RF.; RESENDE F.V. Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n. 3, p. 429-434, jan-mar. 2011.

NUÑEZ FLECHA, P.A. **Sensibilidade das culturas de batata (*Solanum tuberosum* L.) e da alface (*Lactuca sativa* L.) ao excesso de água no solo**. 2004. 68 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. 1.ed. Guaíba: Editora Agropecuária Ltda. 2002.

PIMENTEL, M.S.; LANA, A.M.Q.; DE-POLLI, H. Rendimentos agronômicos em consórcio de alface e cenoura adubadas com doses crescentes de composto orgânico. **Ciência Agrônoma**, Fortaleza, v.40, n.3, jun-ago, p. 106-112, 2009.

RADIN, B.; REISSER JÚNIOR, C.; MATZENAUER, R.; BERGAMASHI, H. Crescimento de cultivares de alface conduzidas em estufa e a campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, abr-jun, p.178-181, 2004.

REIS, J. M.R.; RODRIGUES, J. Fátima, REIS, M. A. Comportamento da alface crespa em função do parcelamento da adubação de cobertura **Global Science Technology**, Rio Verde, v. 05, n. 02, mai-ago, p.24.2012.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J.; FREITAS, S. A.C.; JUNIOR, J. C. R. Efeito de tipos de bandejas e idade de transplantio de mudas sobre o desenvolvimento e produtividade da alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, set-nov, p. 85-89, 2004.

RODRIGUES, E. T.; CASALI, V. W. Rendimento e concentração de nutrientes em alface, em função das adubações orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 125-128, 1999.

RODRIGUES, I.N.; LOPES, M.T.G.; LOPES, R.; GAMA, A.S.; MILAGRES, C.P. Avaliação de cultivares de alface crespa para a região de Manaus. **Horticultura Brasileira**, Porto Seguro: v. 26,n.4, out-dez, p.524-527, 2007.

SALGADO, A. S.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; SALGADO, J. A.A. Consórcios alface-cenoura e alface-rabanete sob manejo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7.p. 1141-1147, 2006.

SANTOS, C.L.; SANTINO, S.J.; LALLA, J.G.; THEODORO, V.C.A.; NESPOLI, A. Desempenho de cultivares de alface tipo crespa sob altas temperaturas em Cáceres-MT. **Agrarian**, v.2, n.3, jan-mar, p.87-98, 2009.

SEDIYAMA, M.A.N.; VIDIGAL, S.M.; SANTOS, M.R.; SALGADO, L.T. Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, Brasília,v. 32, n.2, abr-jun, p. 134-139, 2009.

SIQUEIRA, J.V.M.; SEABRA JUNIOR, S.; INAGAKI, A.M.; SILVA, M.B.; DIAMANTE, M.S.; SANTOS, F.A.S.; PINTO E.C. S. Desempenho de cultivares de alface crespa durante verão chuvoso em Cáceres-MT. **Horticultura Brasileira**. v.35, n.1, jan-mar, p. 29-35, 2011.

STEINER, F.; ECHER, M.M.; GUIMARÃES, V. F. Produção de alface 'Piraroxa' afetada pela adubação nitrogenada com fertilizante orgânico e mineral. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Candido Rondon, v.11, n.3, p.77-83, 2012.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4.ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2009.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. Cultura da rúcula. **Boletim técnico do Instituto Agrônomo**. Campinas, n. 146,1992. p.8.

TRANI P.E.; PASSOS, F.A.; AZEVEDO FILHO, J.A. 1997. Alface, almeirão, chicória, escarola, rúcula e agrião d'agua. In: **RAIJ B van; CANTARELLA H; QUAGGIO JA; FURLANI AMC. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC. p.168-169.