



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA
TROPICAL**

**PRODUÇÃO, FISIOLOGIA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA
ALFACE 'ELBA' SOB ADUBAÇÃO FOLIAR COM *Spirulina platensis***

DÉBORA SAMARA OLIVEIRA E SILVA

Pombal – PB
2015

DÉBORA SAMARA OLIVEIRA E SILVA

**PRODUÇÃO, FISIOLOGIA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA
ALFACE ‘ELBA’ SOB ADUBAÇÃO FOLIAR COM *Spirulina platensis***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, para obtenção do título de mestre.

Orientadora: Prof^a DSc. Railene Hérica Carlos Rocha Araújo

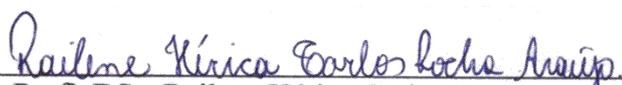
Pombal – PB,
2015

DÉBORA SAMARA OLIVEIRA E SILVA

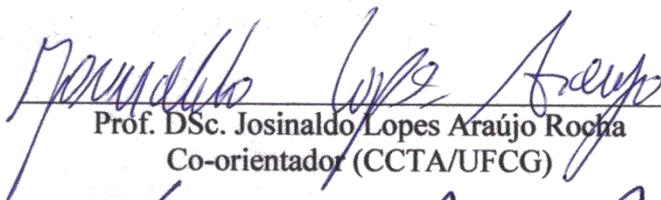
**PRODUÇÃO, FISIOLOGIA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DA
ALFACE 'ELBA' SOB ADUBAÇÃO FOLIAR COM *Spirulina platensis***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical, para obtenção do título de mestre.

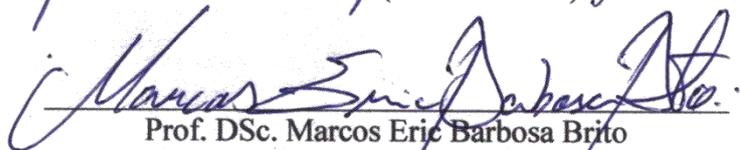
Aprovado em: 30 de março de 2015.



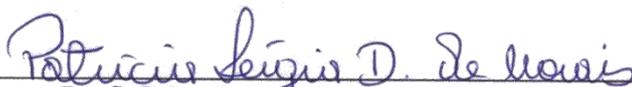
Prof.ª DSc. Railene Hérica Carlos Rocha Araújo
Orientadora (CCTA/UFCG)



Prof. DSc. Josinaldo Lopes Araújo Rocha
Co-orientador (CCTA/UFCG)



Prof. DSc. Marcos Eric Barbosa Brito
Examinador (CCTA/UFCG)



Prof.ª DSc. Patrícia Lígia Dantas de Moraes
Examinadora (CIÊNCIAS VEGETAIS/UFERSA)

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por todo amor e carinho.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus, por seu amor, pelo dom da vida, por me abençoar, me dar forças e coragem, por estar sempre comigo;

Aos meus pais José Clementino da Silva e Ivonete dos Santos Oliveira e Silva, por todo amor, incentivo e orações, por entender às vezes em que não pude estar presente;

Aos meus irmãos Joabe Henrique Oliveira e Silva, Verônica Sinara Oliveira e Silva e Ítalo Kauã Oliveira, pelos inúmeros momentos de alegrias compartilhados;

À minha amada avó (mãe) Cândida dos Santos, pelo amor, carinho e orações em todos os momentos de minha vida;

Aos meus amados sobrinhos Rayanne Vitória, Yohanna Eloah e Lucas Henrique, por estarem sempre presentes na minha vida, fazendo dos meus dias mais alegres;

As minhas amigas Elaini Cristina e Virgínia Oliveira pela amizade compartilhada, pela cumplicidade, por todo carinho, pela força, palavras de incentivo, por acreditarem em mim desde o início da minha jornada, e por fazerem parte da minha vida;

A minha amiga Emanuelle Pessoa, que me acompanhou durante todo esse período, sempre disposta a ajudar, pessoa com a qual pude contar em todos os momentos, sendo estes, de alegrias ou de dificuldades, uma verdadeira irmã que Deus me presenteou.

Aos meus amigos Gleyce Lacerda, Júnior Araújo e Amanda Abreu, pela grande amizade que para mim será inesquecível, por todo carinho e atenção dedicados.

Ao meu amigo Sanduel Andrade, pelo apoio, incentivo e amizade;

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em particular ao Programa de Pós-graduação em Horticultura Tropical, pela oportunidade de participar do curso de mestrado;

Aos professores do curso de Mestrado do PPGHT, pelos ensinamentos, conhecimentos fornecidos, que contribuíram para minha formação;

A Prof^ª. Dr^ª. Railene Hérica Carlos Rocha Araújo, pela orientação, dedicação e por seus conhecimentos repassados durante todo o desenvolvimento do trabalho;

Ao Prof. Dr. Josinaldo Lopes de Araújo, pela co-orientação, empenho e sugestões na execução da pesquisa;

A Prof^ª. Dr^ª. Caciana Cavalcanti Costa, pelo incentivo, amizade e compreensão.

Ao professor Dr. Marcos Eric Barbosa Brito e a Técnica do Laboratório de Sementes Roberta, por toda contribuição, atenção e disponibilidade durante as análises fisiológicas;

A Fazenda Tamanduá, especialmente ao Empresário Pierre Landolt e o Biotecnólogo José Franciraldo de Lima, colaboradores na realização da pesquisa, por fornecer todo suporte quanto aos recursos para implantação e condução do experimento;

Aos amigos do Curso de Pós Graduação em Horticultura Tropical, pela amizade, convívio e troca de conhecimento durante o curso;

Ao grupo de Pesquisa Pós-colheita de Frutos e Hortaliças, por colaborar na condução do experimento em campo e laboratório;

Ao grupo PET Agronomia pelo auxílio imprescindível nas atividades de campo;

Aos técnicos dos Laboratórios de Solo e Análise de alimentos, Seu Francisco e Fabíola, pela contribuição na realização dos procedimentos analíticos;

Aos funcionários da UFCG, pela colaboração dada na condução dos trabalhos de campo;

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Marcos Eric Barbosa Brito e Prof^a. Dr^a. Patrícia Ligia Dantas de Moraes, por aceitarem participar da avaliação desta dissertação e pelas observações e sugestões para o aperfeiçoamento do presente trabalho.

Obrigada!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Preparo do solo (A), confecção dos canteiros (B), distensão do sombrite (C), produção das mudas em casa de vegetação (D), estabelecimento das fileiras de plantio no canteiro (E), transplântio das mudas nos canteiros (F). UFCG, Pombal-PB, 2015.....	30
Figura 2.	Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) da área experimental. UFCG, Pombal- PB, 2015.....	31
Figura 3.	Médias mensais da precipitação ocorrida durante a condução do experimento. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	32
Figura 4.	Croqui da área experimental em campo no delineamento em blocos ao acaso (DBC), com seis tratamentos (T), seis blocos (B) e 32 plantas na parcela. T1: 0%, T2: 1,5%, T3: 3%, T4: 4,5%, T5: 6%, e T6: 7,5% de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	33
Figura 5.	Aplicação dos tratamentos à base de Spirufert® em campo (A), sistema de irrigação por gotejamento (B), avaliações fisiológicas aos 38 DAP (C), área experimental aos 38 DAP (D). UFCG, Pombal-PB, 2015.....	34
Figura 6.	Fluxograma do delineamento experimental utilizado em laboratório para as avaliações de qualidade pós-colheita da alface cv. ‘Elba’. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	35
Figura 7.	Número de folhas (A), massa fresca da parte aérea, g (B), altura de plantas, cm (C), diâmetro da copa, cm (D), massa seca da parte aérea, g (E), umidade da parte aérea, % (F), massa fresca do sistema radicular, g (G), comprimento da raiz, cm (H) em alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	42
Figura 8.	Massa seca do sistema radicular, g (A), massa fresca total da planta, g (B), massa seca total da planta, g (C) em alface c. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	45
Figura 9.	Teor de N (dag.kg ⁻¹) (A), P (dag.kg ⁻¹) (B), K (dag.kg ⁻¹) (C) e Na (dag.kg ⁻¹) (D) em alface c. Elba pulverizada durante o cultivo com diferentes de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	47
Figura 10.	Concentração interna de CO ₂ (C _i) (μmol m ⁻² s ⁻¹) (A), transpiração (E) (mmol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) (B), condutância estomática (g _s) (mmol de H ₂ O m ⁻² s ⁻¹) (C) e taxa assimilação de Co ₂ (A) (μmol m ⁻² s ⁻¹) (D), em folhas de alface cv. ‘Elba’, pulverizadas com diferentes concentrações de Spirufert®, durante o cultivo. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Análise química e física do solo utilizado para o cultivo de alface cv. ‘Elba’, antes do transplântio das mudas para o campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	28
Tabela 2.	Análise química e física do solo utilizado para o cultivo de alface cv. ‘Elba’, após o transplântio das mudas para o campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	29
Tabela 3.	Análise da água utilizada na irrigação da alface. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	31
Tabela 4.	Constituição química e física do Spirufert® (fertilizante orgânico simples classe “A”, marca Tamanduá) UFCG, Pombal-PB, 2015.....	33
Tabela 5.	pH e CE das soluções preparadas com Spirufert® para uso por meio de pulverizações foliares na alface cv. ‘Elba’. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	34
Tabela 6.	Resumo de análise de variância das variáveis, número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), altura de plantas (AP), diâmetro da copa (DC), massa seca da parte aérea (MSPA) e umidade da parte aérea (UMPA) em alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	40
Tabela 7.	Resumo de análise de variância das variáveis, massa fresca do sistema radicular (MFSR), comprimento de raiz (CR), massa seca do sistema radicular (MSSR), massa fresca total da planta (MFTP), massa seca total da planta (MSTP) em alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015...	41
Tabela 8.	Resumo da análise de variâncias das variáveis, N, P, K e Na em folhas de alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações foliares de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	45
Tabela 9.	Resumo da análise de variâncias das variáveis, concentração interna de CO ₂ (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs) e taxa de assimilação de CO ₂ (A) em alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	49

Tabela 10.	Resumo de análise de variância das variáveis, sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), relação SS/AT e vitamina C (Vit. C), em alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert® avaliada por ocasião da colheita e após 24h de armazenamento sob prateleira a 26°C. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	53
Tabela 11.	Sólidos solúveis e acidez titulável em alface cv. ‘Elba’, submetida a diferentes concentrações foliares de Spirufert® aplicados durante o cultivo em campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	54
Tabela 12.	pH e relação SS/AT em alface cv. ‘Elba’, submetida a diferentes concentrações foliares de Spirufert® aplicados durante o cultivo em campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	55
Tabela 13.	Vitamina C em alface cv. ‘Elba’, submetida a diferentes concentrações foliares de Spirufert® aplicados durante o cultivo em campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	55
Tabela 14.	Resumo de análise de variância das variáveis, clorofila ‘a’, clorofila ‘b’, clorofila total e proteína em alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert® avaliada por ocasião da colheita e após 24h de armazenamento sob prateleira a 26°C. Pombal-PB, UFCG, 2015.....	56
Tabela 15.	Clorofila total em alface cv. ‘Elba’, submetida a diferentes concentrações foliares de Spirufert® aplicados durante o cultivo em campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	57
Tabela 16.	Clorofila ‘a’ e clorofila ‘b’ em alface cv. ‘Elba’, submetida a diferentes concentrações foliares de Spirufert® aplicados durante o cultivo em campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	58
Tabela 17.	Proteína em alface cv. ‘Elba’, submetida a diferentes concentrações foliares de Spirufert® aplicados durante o cultivo em campo e avaliada no dia da colheita. UFCG, Pombal-PB, 2015.....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 A cultura da alface	14
2.2 Adubação foliar com biofertilizantes	15
2.3 <i>Spirulina platensis</i>	19
2.4 Aspectos fisiológicos	23
2.5 Qualidade pós-colheita	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1 Produção de mudas, preparo da área e condução da cultura em campo.....	28
3.2 Experimento em campo	32
3.3 Colheitas	34
3.4 Experimento em laboratório: Qualidade pós-colheita	35
3.5 Características analisadas	36
3.5.1 Crescimento e Produção	36
3.5.2 Análise foliar	37
3.5.3 Análises fisiológicas	37
3.6 Análise estatística	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 Análises de crescimento	40
4.2 Análises foliar.....	45
4.2.1 Minerais	45
4.3 Análises fisiológicas	49
4.3.1 Trocas gasosas	49
4.4 Qualidade pós-colheita	53
5 CONCLUSÕES	60
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

RESUMO

SILVA, Débora Samara Oliveira e. **Produção, fisiologia e qualidade pós-colheita da alface ‘Elba’ produzida sob adubação foliar com *Spirulina platensis***, 2015. 71p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB¹.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa mais produzida e consumida no Brasil, no entanto, necessita receber nutrientes que permitem o seu desenvolvimento. Desta forma, tornam-se necessários estudos sobre o uso de fontes orgânicas de adubo, como os biofertilizantes, e sua influência sobre os aspectos morfofisiológicos e de qualidade. Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes concentrações de Spirufert® (fertilizante orgânico simples classe “A”, marca Tamanduá) sob a produção, fisiologia e qualidade pós-colheita da alface ‘Elba’. O experimento foi realizado em duas etapas no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, em Pombal-PB. Na primeira etapa, estudou-se em condições de campo, no delineamento em blocos casualizados, o efeito de seis concentrações do Spirufert® (0, 1,5, 3,0, 4,5, 6,0 e 7,5 %) distribuídos em seis blocos, sob aspectos de produção e fisiologia das mudas de alface. Na segunda etapa, analisada em laboratório, adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas no tempo, com seis repetições. As parcelas foram constituídas pelas seis concentrações de Spirufert®, aplicadas durante o cultivo da alface, e as subparcelas, pelas épocas de avaliação (por ocasião da colheita e 24h após a permanência das alfaces sob prateleira em ambiente climatizado a 26°C). Não houve efeito significativo das concentrações de Spirufert® para as variáveis, número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), altura de plantas (AP) e diâmetro da copa (DC), massa seca (MSPA), umidade (UMPA), massa fresca do sistema radicular (MFSR), comprimento de raiz (CR), massa seca do sistema radicular (MSSR), massa fresca total da planta (MFTP) e massa seca total da planta (MSTP) da parte aérea das plantas de alface. Da mesma forma, as concentrações de Spirufert® testadas não alteram o teor de N, P, K e Na, fotossíntese, concentração interna de CO₂ e condutância estomática da parte aérea da alface. Houve efeito significativo entre as concentrações de Spirufert® e as épocas de avaliação, no dia da colheita e 24h após a colheita da alface para a maioria das variáveis analisadas. Constatou-se maior média de SS na dose 4,5% de Spirufert®, na ordem de 4,16%, porém redução deste valor após 24h, em que se observou sinais de senescência nas alfaces, constatados pelo aumento da acidez titulável. Na dose 4,5% de Spirufert®, também observou-se uma boa relação SS/AT e elevado teor de clorofila total, mesmo após 24 h, fato que possibilitou a manutenção da coloração verde nas folhas, característica apreciada pelo consumidor, por ocasião da aquisição.

PALAVRAS-CHAVE: *Lactuca sativa* L., microalgas, produtividade, conservação.

¹Orientadora: Prof^ª Railene Hérica Carlos Rocha Araújo, CCTA/UFCG.

ABSTRACT

SILVA, Débora Samara Oliveira e. **Production and lettuce postharvest quality 'Elba' produced applying foliar based on *Spirulina platensis***, 2015. 71p. Dissertation (Master of Tropical Horticulture) - Federal University of Campina Grande, Pombal- PB¹.

Lettuce (*Lactuca sativa* L.) is the most widely produced and consumed leafy vegetable in Brazil, however, needs to receive nutrients that allow its development. In this way, it becomes necessary studies on the use of organic sources of fertilizer, such as biofertilizers, and its influence on the morphophysiological aspects and quality. In this sense, the objective was to evaluate the effect of different concentrations of Spirufert® (simple organic fertilizer class "A", anteatar brand) in the production, physiology and lettuce postharvest quality 'Elba'. The experiment was conducted in two stages in the Science and Technology Centre Agrifood in Pombal-PB. In the first stage, was studied under field conditions in a randomized block design, the effect of six concentrations Spirufert® (0, 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 and 7.5%) distributed in six blocks, under aspects of production and physiology of lettuce seedlings. In the second stage, was analyzed in a laboratory, adopted a completely randomized design in split plot with six replications. The plots were made by the six concentrations of Spirufert®, applied for the cultivation of lettuce, and the subplots, the evaluation periods (at harvest and 24 hours after the permanence of lettuce under shelf in air-conditioned environment at 26 ° C). There was no significant effect of Spirufert® concentrations for the variables, number of leaves (NF), fresh weight of aerial part (MFPA), plant height (PH) and crown diameter (DC), dry matter (MSPA), humidity (ump), fresh weight of the root system (MFSR), root length (CR), dry mass of the root system (MSSR), fresh pasta total plant (MPTP) and total dry mass of the plant (MSTP) of the aerial part lettuce plants. Similarly, the Spirufert® concentrations tested did not alter the content of N, P, K and Na, photosynthesis, internal CO₂ concentration and stomatal conductance of the aerial part of lettuce. Significant differences were found between the Spirufert® concentrations and the evaluation periods, the day of harvest and 24h after the lettuce harvest for most variables. It was found SS higher average dose 4.5% of Spirufert® in the order of 4.16%, but this value reduction after 24 hours, it was observed that the lettuce signs of senescence, evidenced by increased acidity. At a dose of 4.5% Spirufert® also there was a good SS / TA ratio and high content of chlorophyll, even after 24 h, a fact that enabled the maintenance of green color in the leaves, characteristic appreciated by the consumer on the occasion the acquisition.

KEYWORDS: *Lactuca sativa* L., microalgae, productivity, conservation.

¹Orientadora: Prof Railene Hérica Carlos Rocha Araújo, CCTA/UFCG.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura convencional tem avançado em virtude da adoção de estratégias que potencialmente influenciam na obtenção de melhores rendimentos produtivos, principalmente em regiões pouco agricultáveis. Atualmente os pesquisadores se deparam com o desafio de buscar o aumento da produção agrícola de forma sustentável, para que a demanda por alimentos possa ser suprida. Além disso, a nova geração está mudando seu ponto de vista sobre os métodos utilizados nos sistemas produtivos, bem como o seu hábito alimentar (ANDRADE FILHO, 2012). Desta forma, os setores de pesquisa vêm desenvolvendo tecnologias para aumentar a produtividade e qualidade dos produtos agrícolas, pelo uso de insumos menos agressivos ao meio ambiente (GODOY; OLIVEIRA, 2004).

Dentre as tecnologias menos agressivas ao meio, pode-se citar os biofertilizantes, que são amplamente utilizados na agricultura como alternativa de baixo custo e ambientalmente sustentável, que tem como objetivo complementar as necessidades nutricionais dos cultivos, ao mesmo tempo, visa entre outros aspectos, à substituição dos adubos minerais.

Dentre as fontes que têm sido utilizadas nas mais diversas culturas como biofertilizantes líquidos, as algas possuem grande potencialidade de utilização como adubos foliares, por possuírem em sua composição, nutrientes, aminoácidos e vitaminas que atuam como promotores do desenvolvimento vegetal (DERNER et. al., 2006). Recentemente, tem sido focado o potencial das microalgas, por estas serem empregadas como biofertilizante, para favorecer o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, podendo ser uma alternativa viável por fornecer nutrientes as plantas, contribuindo para o aumento de produtividade das culturas. No entanto, estudos sobre a utilização do extrato de microalgas como biofertilizante na agricultura ainda são escassos (NORRIE, 2008). Desta forma, pesquisas agronômicas devem ser realizadas com a finalidade de esclarecer o mecanismo de ação das microalgas sobre as plantas, para que esta técnica seja incorporada às práticas agrícolas. Além disso, as trocas gasosas e, as características pós-colheita, são fatores a serem averiguados diante da influência nutricional proporcionada pela utilização do biofertilizante como fonte e, conseqüentemente resposta em produção e qualidade (SANTOS, 2012).

Para esse estudo a cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) foi escolhida, por ser considerada dentre as hortaliças folhosas, a mais difundida atualmente, sendo cultivada em quase todos os países, com papel importante na qualidade de vida e renda dos produtores, além de apresentar um grande valor comercial (INAGAKI et al., 2011).

O Sertão Paraibano é uma região que predomina a agricultura familiar em relação a outros sistemas agrários. A produção da região é caracterizada pelo cultivo de hortaliças, principalmente folhosas, destacando a cultura da alface, contudo, torna-se necessário a adequação dos sistemas de produção para a realidade da região em questão, desenvolvendo técnicas de produção que proporcionem rendimentos e corresponda às expectativas de produtividades esperadas.

Diante disso, objetivou-se estudar a produção, fisiologia e a qualidade pós-colheita de alface, cv. 'Elba', em função de diferentes concentrações de *Spirulina platensis* (Spirufert®, fertilizante orgânico simples classe "A", marca Tamanduá), aplicadas via foliar durante o cultivo em campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A cultura da alface

A alface (*Lactuca sativa*) é uma hortaliça folhosa, bem aceita pelos consumidores de todo o mundo devido ao seu sabor agradável e refrescante, facilidade de preparo e, principalmente, constituir-se em excelente fonte de fibras, sais minerais, sobretudo o cálcio, vitaminas, especialmente a vitamina A e, apresentar baixo teor de calorias e ser de fácil digestão (MOTA et al., 2012; SANTOS et al., 2013). Originária do Mediterrâneo, a planta de alface, caracteriza-se como herbácea anual, com caule diminuto, não ramificado, ao qual se prendem as folhas, de forma arredondada, lanceolada ou quase espatulada, com os bordos recortados ou não (SANTOS et al., 2011).

Com o aumento da população e, também, mudança de hábito alimentar, o consumo da alface tem aumentado, tornando-se inevitável o aumento da produção. Além disso, o consumidor tem se tornado mais exigente, havendo necessidade de produzi-la em quantidade e com qualidade, bem como manter o seu fornecimento o ano todo (ARBOS, 2009).

A alface está entre as hortaliças folhosas economicamente mais importantes do mundo. De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, a produção mundial de alface e chicória em 2012 foi de 24,94 milhões de toneladas (FAO, 2015). No Brasil, em 2011, a produção de alface foi de 1,27 milhão de toneladas (REETZ et al., 2014), e destaca-se como maior consumidor da América do Sul (PINTO et al., 2010). Estima-se que sejam cultivados em torno de 35 mil hectares de alface anualmente no Brasil (LOPES et al., 2010).

No Brasil, a cultura da alface, pode ser explorada em diferentes sistemas de cultivo, como convencional, orgânico em campo aberto ou cultivo protegido, e em sistema hidropônico (FILGUEIRA, 2012; RESENDE et al., 2007), seja em plantações com finalidade comercial ou de subsistência, viabilizam a oferta da hortaliça durante todo o ano (CEAGESP, 2013), desde que sejam escolhidas cultivares adaptadas às épocas de plantio e sistemas de produção (SEBRAE, 2011). O cultivo comercial ocorre, principalmente, próximo às regiões metropolitanas, nos chamados cinturões verdes, devido à alta perecibilidade do produto às condições de transporte e armazenamento (HENZ; SUINAGA, 2009).

Na Paraíba, na microrregião do Brejo, a alface é uma das principais hortaliças produzidas e apresenta importância econômica e social por ser cultivada principalmente por

micro e pequenos produtores e comercializada diretamente nas feiras. A cultivar usada é quase exclusivamente a ‘Elba’ (EMPASA, 2011). No Sertão Paraibano, a cultura da alface é uma hortaliça de grande importância, explorada por pequenos produtores que, normalmente a cultivam em pequenas áreas, sendo ofertada ao longo do ano, comercializada principalmente na feira local.

Nos últimos anos, a cultura da alface, tem passado por mudanças significativas, em relação a cultivares, sistemas de produção, formas de comercialização e mudanças climáticas, dentre eles estão a temperatura, o fotoperíodo e a altitude do local de cultivo, que afetam seu crescimento e seu desenvolvimento (ZÁRETE et al. 2010; BLAT et al., 2011; CRUZ et al. 2011). Temperaturas elevadas associadas à alta pluviosidade ocasionam perdas de até 60% na produção da alface, refletindo diretamente no preço e na oferta do produto no mercado (SALA; COSTA 2012).

O consumidor brasileiro prefere a alface crespa que possui folhas soltas e inteiras e os pesquisadores, desde a década de 60, buscam o melhoramento para obtenção de alface crocante de folhas soltas (HENZ; SUINAGA, 2009; SALA; COSTA, 2012). As cultivares do tipo solta crespa, possui folhas delicadas, textura macia, consistente sem formação de cabeça e coloração verde.

De acordo com Pereira (2010) a alface é exigente nas características físicas e químicas do solo, requerendo, para seu cultivo, um solo rico em matéria orgânica e nutrientes. Portanto, o fornecimento adequado de nutrientes é extremamente importante para o crescimento e produtividade da cultura. Observa-se que áreas que vem sendo continuamente cultivada, tem carência de nutrientes que muitas vezes não são corrigidas com adubações no solo. Nestes casos, a adubação foliar proporciona melhores resultados.

As hortaliças muito exigentes em quantidades relativamente grandes de nutrientes em um período de tempo muito curto. De acordo com a literatura os nutrientes altamente exigidos pelas folhosas como a alface é N, P, K, Mg e Ca, apresenta absorção lenta na primeira metade do ciclo, e acelerada quando está próximo da colheita (KANO et al., 2011; FILGUEIRA, 2012).

2.2 Adubação foliar com biofertilizantes

Um dos fatores de maior influência nas características dos produtos hortícolas é o equilíbrio dos nutrientes, pois, em um solo balanceado, encontram-se os minerais essenciais,

necessários ao desenvolvimento normal do vegetal. No entanto, a ausência de qualquer um deles pode causar desordens fisiológicas que contribuirão para o aparecimento de defeitos nos produtos, e conseqüentemente baixa produção (MORAES, 2006).

Dentre as técnicas de cultivo, a adubação foliar tem como objetivo complementar a adubação do solo, além de servir como correção de possíveis falhas de adubação, principalmente nos períodos de grande consumo de nutrientes e, ainda, como estímulo fisiológico para determinadas fases da cultura, favorecendo o equilíbrio nutricional. Em olericultura, a adubação foliar justifica-se por disponibilizar nutrientes, úteis à planta, em situações de estresse e em momentos críticos de demanda de nutrientes e energia por parte da planta (FILGUEIRA, 2012).

A adubação foliar também deve ser feita com base numa análise foliar, um método direto, que determina quantitativamente os nutrientes na matéria seca da folha, sendo ferramenta auxiliar na recomendação e manejo adequado dos programas de adubação (FONTES, 2014). Assim, o estudo nutricional das culturas, bem como as novas tecnologias de adubação é fundamental para garantir produtividades econômicas viáveis ao produtor (CECÍLIO FILHO; PEIXOTO, 2013).

Considerada uma das principais fontes de nutrientes para o desenvolvimento das plantas, a adubação orgânica, além de contribuir para a exploração do potencial produtivo, proporciona às plantas características qualitativas desejáveis (SILVA et al., 2011). Dentro da pesquisa agrônômica, a demanda por informações sobre a utilização de fertilizantes orgânicos vem aumentando, devido o incentivo governamental à agricultura familiar, que indiretamente proporciona a procura por materiais orgânicos, podendo ser obtidos ou produzidos nas pequenas propriedades agrícolas (CAVALLARO JÚNIOR, 2009).

Em condições tropicais, o emprego de produtos alternativos como fonte de nutrientes suplementar para algumas espécies, em especial as olerícolas, pode ser considerado um método prático e viavelmente econômico, além disso, poderá promover a sustentabilidade dos ambientes agrícolas, tanto em nível de pequeno e grande produtor (PEREIRA et al., 2010). Os biofertilizantes são adubos orgânicos vivos, constituído de microrganismos (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos), podendo ser líquido ou sólido, resultante de um processo de decomposição da matéria orgânica (animal ou vegetal), pela fermentação microbiana, com ou sem a presença de oxigênio, ocorrida em meio líquido (MEDEIROS; LOPES, 2006; PENTEADO, 2010). Possuem em sua composição, quase todos os nutrientes, variando em suas concentrações a depender da matéria-prima a ser fermentada. No entanto, a

concentração da solução, o pH, a mistura da matéria-prima e dos minerais deverão estar compatibilizados, para que, quimicamente, o produto final seja benéfico à planta e não cause injúrias (TESSEROLI NETO, 2006).

Os biofertilizantes permitem a uniformização e aumento da germinação de sementes e emergência de plântulas, atua no desenvolvimento do sistema radicular, no maior aproveitamento de nutrientes, favorecendo a uniformidade de frutos (MARTINS, 2006; BIOCAMPO, 2009) bem como, induz às plantas a resistência contra o ataque de agentes externos (pragas e doenças). Este insumo pode ser aplicado via solo, sistema de irrigação ou pulverização foliar dos vegetais (PENTEADO, 2007).

Pesquisas têm sido desenvolvidas visando elucidar a eficiência de biofertilizantes no cultivo de olerícolas, como: alface (PEREIRA et al., 2010; CHICONATO et al., 2013), melão (VIANA et al., 2013) e abóbora (SANTOS et al., 2012).

Trabalho analisando o efeito de doses de biofertilizante de origem bovina (10; 20; 40 e 60 m³ ha⁻¹), aplicados no solo e dois níveis de irrigação (correspondendo a 50% e 100% da evapotranspiração) na cultura da alface, Chiconato et al. (2013), verificaram que a dose 60 m³ ha⁻¹ do biofertilizante foi eficiente no desenvolvimento da cultura, obtendo resultados satisfatórios para altura de plantas, número de folhas, diâmetro e massa fresca da parte aérea das plantas de alface.

Pereira et al. (2010) avaliando o desempenho de plantas de alface (cv. Verônica) em resposta a doses de biofertilizante bovino, aplicados via foliar, nas concentrações de 0%; 10%; 20% e 30%, verificaram que as plantas que receberam 20% da solução do biofertilizante, obtiveram respostas satisfatórias, durante o período de avaliação, observados nas características diâmetro da cabeça, número de folhas e altura das plantas. No entanto, as plantas que receberam a maior concentração (30%) do biofertilizante, não promoveu bom desempenho das plantas.

Medeiros et al. (2008) analisando o uso de biofertilizante formulado a partir da mistura de folhas verdes (picadas), água, leite, caldo de cana, cinzas, farinha de osso, calcário dolomítico, no desenvolvimento de mudas de alface de três cultivares (Babá-de-verão, Grand Rapids e Grandes Lagos), conduzidas em três tipos de substratos (areia lavada, composto orgânico misto e substrato comercial plantmax®, observaram efeito significativo para número de folhas e comprimento da raiz em função da cultivar e substratos, onde a ‘Babá-de-verão’ sobressaiu em relação as demais cultivares e o composto orgânico, superou os demais substratos. Ainda, observaram efeito significativo na interação cultivar e substrato, onde o

composto proporcionou a maior massa seca da raiz, altura e massa seca da parte aérea da cultivar Grand Rapids, em relação os demais substratos avaliados. Para tanto, o biofertilizante, não influenciou nas características avaliadas, durante o período de avaliação.

Santos et al. (2013) avaliando os efeitos de doses crescentes biofertilizante (0; 10; 20; 30 e 40%), formulado a parti de resíduos do rúmen e esterco bovino, melação de cana-de-açúcar, fubá de milho, leite, pó de rocha, cinza, resto de verduras e capim de corte picado, sobre o desenvolvimento da alface crespa veneranda, verificaram que apenas na primeira avaliação, dez dias após o transplântio, houve uma diferença significativa entre os tratamentos para altura de planta, onde as concentrações de 30 e 40% sobressaíram em relação as demais, entretanto, esse efeito não se manteve ao longo do experimento.

Dentre as fontes utilizadas como biofertilizante na produção agrícola, destaca-se o uso das algas marinhas, pois em diversas regiões do mundo, têm sido utilizadas, constituindo-se de uma alternativa ecologicamente correta ao uso de fertilizantes minerais, com o objetivo de aumentar a produção de alimentos. Nas últimas décadas, o uso dos extratos de algas na agricultura vem aumentando, sendo empregados como estimulantes, biofertilizantes ou fitoprotetor na forma seca ou de extrato líquido (STADNIK, 2003; NORRIE, 2008; KHAN et al., 2009; CRAIGIE, 2011). No Brasil, o uso de extrato de algas é permitido como biofertilizante ou condicionador de solo, sendo também utilizado na alimentação de animais (MAPA, 1999). Seu uso como agente complexante em formulações fertilizantes é regulamentado pela Instrução Normativa 64 de 18/12/2008 (MAPA, 2008).

Devido à variabilidade dos benefícios proporcionados aos cultivos, pesquisas agrônômicas têm sido realizadas com o objetivo de elucidar o mecanismo de ação dos extratos de algas sobre as plantas, e obter resultados práticos a campo. Estes estudos podem contribuir para que esta técnica seja incorporada às práticas agrícolas de forma adequada, visto que os resultados com extratos de alga marinha são variáveis em relação às espécies (SILVA, 2011).

Estudos avaliando a eficiência de produtos à base de extrato de algas, foram realizados com diversas culturas, entre elas couve (SILVA et al., 2012), batata (BETTONI et al., 2008; BARDIVIESSO et al., 2011), alface (LIMBERGER; GHELLER, 2012), feijão (MÓGOR et al., 2008) e maracujá (OLIVEIRA et al., 2011).

Cecato e Moreira (2013), ao avaliarem o efeito de extratos de algas marinhas do gênero Sargassum e Laminaria na cultura da alface crespa, cv. Vera, constataram acréscimos no número de folhas (16,6%), massa fresca (24,3%) e seca (24,6) da parte aérea da alface,

onde dois tratamentos destacaram-se dentre os testados: imersão de raízes durante o transplântio mais 2 aplicações na dosagem recomendada de 2 L ha⁻¹ de extrato de algas via foliar aos 14 e 21 dias após o transplântio e 2 aplicações na dosagem recomendada de 2 L ha⁻¹ de extrato de algas via foliar aos 14 e aos 21 dias do transplântio.

Moreira et al. (2006), trabalhando com diferentes épocas de aplicação da alga marinha *Ascophyllum nodosum* (sem aplicação, dose única inicial, dose parcelada e dose única final) no desenvolvimento da alface cv. Elisa, verificaram efeitos positivos com a aplicação parcelada do extrato da alga sobre a massa fresca, número de folhas, altura de caule e matéria seca.

Ao avaliar o efeito do extrato de alga *A. nodosum* aplicado via foliar (semanal ou quinzenal) na cultura da cebola, Bettoni et al. (2010) constataram que as dosagens de 3 e 4 mL L⁻¹ aplicadas, não proporcionaram efeito positivo na produtividade e classificação, porém observaram que o extrato de alga provocou apenas pequenos e variáveis efeitos no peso médio e conservação pós-colheita dos bulbos.

Bettoni et al. (2008), ao avaliar o efeito da aplicação do extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, isoladamente ou em associação com cobre, na emissão de tubérculos de batata cv. Ágata, pulverizadas com 1 L ha⁻¹ do extrato de algas aos 30, 40 e 50 dias após o plantio (DAP), apresentaram maior produtividade, quando avaliadas no início da emissão dos tubérculos, aos 65 dias após o plantio (DAP). Houve acréscimos de 15,78; 12,31 e 36,13% no número, matéria fresca e diâmetro de tubérculos.

O modo de aplicação, assim como as doses do extrato de *Sargassum johnstonii*, afetam significativamente o número, peso e qualidade de frutos de tomate cv. Pusa Ruby (ZODAPE et al., 2011). Foram realizadas 15 aplicações entre os estágios vegetativo e reprodutivo do ciclo do tomateiro, sendo notado que a pulverização foi mais eficiente quando usada solução que continha de 8 a 10% do extrato de alga. Por outro lado, a irrigação foi mais adequada quando aplicada solução que possuía entre 0,4 a 2% do extrato e, quando estes dois modos de aplicação foram utilizados juntos, na proporção do extrato de alga, na solução de 8 e 10%.

2.3 *Spirulina platensis*

As algas são um grupo de organismos extremamente diversificado e que exercem funções importantes nos ambientes em que ocorrem. O universo das algas abrange as

microalgas e as macroalgas (AZEREDO, 2012). Uma das principais espécies microalgas é a *Spirulina platensis*.

O gênero *Spirulina* compreende o grupo das cianobactérias filamentosas, (anteriormente conhecido como *Cyanophyta* ou como grupo das algas verde-azuladas), com elevado teor de proteínas, sendo largamente utilizada como uma fonte de proteína de célula única para seres humanos e animais (MONTEIRO et al., 2010). Em sua composição química também está presente vitaminas, ácidos graxos poli-insaturados e pigmentos (SCHMITZ, 2012). Segundo Derner (2006), para um crescimento ótimo das microalgas, há necessidade de uma série de nutrientes, como nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, potássio, ferro, manganês, cobre, molibdênio e cobalto. A composição da *Spirulina* quando submetida ao processo de secagem, fica em torno de 53,1% de proteínas; 33,6% de carboidratos; 2,87% de lipídeos; 0,74% de clorofila; 9,86% de cinzas; 10,05% de umidade; 24,67% de carbono; 7,44 de nitrogênio; 25,29 de oxigênio; 6,29 de sódio; 0,70 de magnésio; 0,44 de alumínio; 3,20 de fósforo; 3,05 de enxofre; 11,42 de cloro; 13,31 de potássio; 2,25 de cobre e 1,94 de zinco (MANRICH et al, 2014).

A *Spirulina platensis* apresenta-se na forma de espiral, denominado tricoma, constituídos por células cilíndricas, curtas e largas, revestida por uma fina membrana, porém pode ser alterada, dependendo das condições ambientais e adaptações eventuais necessárias à sobrevivência, por exemplo, a falta de carbono, fósforo, nitrogênio e ferro, além da luz fornecida (SINGH; MONTGOMERY, 2011). Vivem em meios líquidos ricos em sais minerais compostos, principalmente por bicarbonato e carbonato de sódio, com pH de 8 a 11. As regiões propícias para cultivo são as tropicais e subtropicais, quentes e ensolaradas (HENRIKSON, 1994; LIMA et al., 1999).

O uso de sistemas abertos como um método para o cultivo de microalgas é bastante comum, apresentando uma diversidade de formas (pista, circular e lagoas) e tamanho, possuem menores custos para construção, manutenção e operação. Esses cultivos são geralmente conduzidos em tanques abertos expostos ao ambiente (HARUN et al., 2010; MATA et al., 2010; SUALI et al., 2012). Os tanques são mantidos sob condições naturais de iluminação e temperatura, sendo talvez o mais adequado para o cultivo de microalgas em sistema fototrófico para a produção de biodiesel devido ao seu baixo custo operacional e a fonte de carbono pode ser obtida diretamente da atmosfera (BRENNAN; OWENDE, 2010). Contudo, apresenta como desvantagem, a evaporação da água e o risco de contaminação por espécies indesejáveis, o que reduz o rendimento (FRANCO et al., 2013).

Os sistemas fechados ou fotobiorreator visa alcançar elevada produtividade, sendo esta o indicador mais importante para o sucesso desta tecnologia. Apresentam-se em painéis de forma achatada ou em serpentinas, espirais ou cilindros, construídos com tubos de plástico, vidro ou policarbonato (HARUN et al, 2010; DERNER et al, 2006; TREDICI, 2004; BOROWITZKA, 1999). Apresenta um maior controle sobre a contaminação, em comparação aos sistemas abertos, no entanto, os custos para os sistemas fechados estão concentrados no controle da temperatura e contaminação (CHISTI, 2007; MATA et al., 2010). A seleção de um sistema de cultivo depende do produto final: para a produção de biocombustíveis, as microalgas podem ser cultivadas tanto em sistemas fechados ou abertos. Para indústria farmacêutica a produção, no entanto, requer menor contaminação e, assim, apenas devem ser empregados os sistemas fechados (SAULI; SARBATLY, 2010)

Mesmo que os sistemas abertos pareçam ser favorecidos para o cultivo comercial de microalgas, devido aos baixos custos, os sistemas fechados oferecem um melhor controle sobre a contaminação, maior concentração de biomassa, melhor difusão dos gases e pode ter um balanço energético favorável (JORQUERA et al., 2010). Esses fatores podem compensar a diferença nos custos, se bem avaliados. Em geral, os sistemas de produção industrial são pouco sofisticados, uma vez que muitas empresas desenvolvem cultivos a céu aberto em tanques com fundo de terra e com baixo ou nenhum controle dos parâmetros ambientais (BOROWITZKA, 1999; DERNER, 2006).

A maior produção de *Spirulina* no Brasil está localizada na Fazenda Tamanduá, situada no Município de Santa Terezinha, Estado da Paraíba, Nordeste Brasileiro. O cultivo da microalga é feito em tanques com capacidade para até 15.000 litros de água. As águas do subsolo do semiárido é a principal fonte de abastecimento dos tanques na produção da *Spirulina*. As altas temperaturas da região, os altos índices de insolação e as águas salinizadas do subsolo, foram determinantes para a produção desta microalga, condição que possibilita o cultivo da microalga o ano inteiro (JORNAL TAMANDUÁ, 2011). Periodicamente, são realizadas análises para o controle da contaminação.

Derner et al. (2006), relata que o metabolismo principal da *Spirulina platensis* é a fotossíntese, sendo a luz solar sua principal fonte de energia. Por meio da fotossíntese, converte os nutrientes em matéria celular e libera oxigênio. Semelhantemente ao que ocorre em outros organismos, cada classe de microalgas apresenta sua própria combinação de pigmentos e, conseqüentemente, coloração distinta. Os três principais grupos de pigmentos

encontrados na biomassa microalgal são as clorofilas, os carotenóides e as ficobilinas (ficobiliproteínas).

O crescimento de microalgas está diretamente relacionado com a taxa de fixação de CO₂ e utilização de energia luminosa (HOLLOWAY; FIORE, 2003). São microrganismos fotossintéticos com requerimentos nutricionais relativamente simples e cuja biomassa pode ser empregada para obtenção de biocompostos com aplicações nutricionais (HENRIKSON, 1994). Ainda, tem sido relatada a sua aplicação em tratamento de efluentes (MEZZOMO et al., 2010), bioissorção de metais pesados (MAGRO et al., 2013) e na produção de biocombustíveis (ANDRADE e COSTA, 2008). O crescimento de uma população de microalgas é resultado da interação entre fatores biológicos, químicos e físicos (LOURENÇO, 1996).

Muito interesse tem sido focado ao potencial biotecnológico das microalgas, principalmente pela identificação de diversas substâncias sintetizadas por estes organismos. A imensa biodiversidade e variabilidade na composição química da biomassa obtida das microalgas, aliadas ao melhoramento genético e ao estabelecimento de tecnologia de cultivo, vem permitindo que determinadas espécies sejam comercialmente utilizadas para diversos fins, como a produção de biocombustível (biodiesel), suplemento alimentar humano, além disso, as microalgas podem produzir uma gama de moléculas bioativas com propriedades antibióticas, anticancerígenas, antiinflamatórias, antivirais e redutoras de colesterol. Ainda, podem ser usadas na mitigação do efeito estufa, pela assimilação do CO₂, resultado do processo de queima dos combustíveis fósseis e práticas agrícolas impróprias (queimadas) (DERNER, 2006).

Para o cultivo de hortaliças e outras espécies de plantas são utilizados diversos produtos para o aumento da produtividade e melhoria da qualidade dos produtos colhidos, destacando-se os adubos foliares a base de algas marinhas. Porém, estudos com a utilização do extrato de microalgas como biofertilizante ainda são escassos (NORRIE, 2008).

Desta forma, torna-se primordial a avaliação agrônômica, para elucidar a eficiência da microalga *Spirulina platensis*, visando obter ganhos em produtividade e qualidade dos produtos, conseqüentemente proporcionar a verticalização da produção agrícola, bem como, a rentabilidade produtiva, a fim de que os agricultores continuem em suas atividades.

Oliveira et al. (2013), analisando a produtividade da beterraba em função da adubação foliar a base de *Spirulina platensis*, verificaram que a produtividade da cultura da beterraba,

foi significativamente influenciada pelas aplicações foliares do produto nas concentrações de 1,5 e 3,0 g L⁻¹, respectivamente.

2.4 Aspectos fisiológicos

Diversos são os fatores que pode comprometer o desenvolvimento vegetativo, comportamento fisiológico e produtividade de uma determinada cultura agrícola. O desenvolvimento vegetativo varia em função das características intrínsecas de cada espécie ou cultivar, das condições meteorológicas (BRIXNER et al., 2010; BROETTO et al., 2011), disponibilidade hídrica, teor de nutrientes, fotoperíodo e ambiente de cultivo (COSTA et al., 2009; MARTINS et al., 2012).

O ambiente de cultivo exerce influência sobre a radiação solar, temperatura, umidade do ar, solo, vento e composição atmosférica (SANTOS et al., 2010; ANDRADE et al., 2011), comportamento fisiológico, variáveis que afetam diretamente o desenvolvimento vegetativo, e conseqüentemente, a produtividade final da cultura (MULHOLAND et al., 1997; YIN et al., 2006; STILLER et al., 2008; FERRAZ et al., 2012).

A produtividade de uma comunidade vegetal é o resultado final de uma cadeia de eventos que entre outros fatores está relacionado à eficiência fotossintética (EL-OTMANI et al., 2000). Quase toda matéria orgânica acumulada durante o crescimento de uma planta, é originária do processo fotossintético de fixação de carbono atmosférico, o qual representa ao redor de 95% de toda sua fitomassa seca (SYVERTSEN & LLOYD, 1994). As avaliações de trocas gasosas são de vital importância para determinar a influencia dos diferentes locais de cultivo sobre o desenvolvimento das plantas, visto que a redução no crescimento e, conseqüentemente na produtividade da cultura pode está relacionada à redução na atividade fotossintética, limitada por fatores abióticos intrínsecos ao local de cultivo (PEIXOTO et al. 2002; PAIVA et al. 2005).

Em estudo sobre a nutrição em plantas, a fotossíntese tem recebido especial atenção por ser a principal fonte de carbono orgânico, de energia para o crescimento e produção de biomassa das plantas. O estado nutricional da planta sobre a fotossíntese ocorre de muitas maneiras, sendo que quase sempre maiores taxas fotossintéticas são alcançadas por meio da adubação (LARCHER, 2006; TAIZ; ZEIGER, 2013). A fotossíntese, associada a uma série de processos fisiológicos, bioquímicos e moleculares, é um processo chave para o crescimento e desenvolvimento da planta (ASHRAF; HARRIS, 2013). A ausência de nutrientes essenciais

às plantas causa estresse nutricional, podendo antecipar a senescência das folhas, prejudicar a absorção de CO₂, ocasionando o fechamento dos estômatos no intuito de diminuir a transpiração e, conseqüentemente, afetar as taxas fotossintéticas (EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Vilanova e Silva Junior (2010), avaliando cultivo orgânico de hortaliças (couve e pimentão), com base na análise de parâmetros bioquímicos, observaram que a condutância estomática apresentou valores significativamente maiores no tratamento orgânico.

Ao avaliar as trocas gasosas e os teores foliares de NPK em plantas de melão (*Cucumis melo L.*) em solo, com tipos (misto: esterco bovino fresco, esterco de galinha, cinza de carvão e água; simples: esterco fresco de bovino e água) e doses de biofertilizante (2,0; 1,5; 1,0 e 0,5 L semana⁻¹), Viana et al. (2013) observaram que, o biofertilizante misto foi mais eficiente, em relação a taxa fotossintética medida aos 60 dias após o transplântio. No entanto, nos tratamentos com biofertilizante simples a condutância estomática em folhas de plantas de meloeiro foi significativamente superior em relação ao misto nas maiores doses (1,5 e 2,0 L planta⁻¹ semana⁻¹). Ainda, verificaram que o biofertilizante simples proporcionou maiores teores foliares de fósforo e o misto maior acumulação de nitrogênio e potássio nas folhas do meloeiro.

Há uma gama de estudos, avaliando diversas fontes orgânicas sobre o crescimento e a produtividade da cultura da alface, entretanto, são escassas as pesquisas visando elucidar efeitos da adubação orgânica e trocas gasosas nesta olerícola, sendo, portanto, necessários estudos para compreender mais eficientemente os processos do potencial fotossintético, em função da adubação orgânica.

2.5 Qualidade pós-colheita

O termo qualidade refere-se ao conjunto de características que diferenciam unidades individuais de um produto e que tem significância na determinação do grau de aceitabilidade pelo comprador (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Dessa forma, devem ser considerados os atributos físicos, de caráter sensorial e a composição química, para entender melhor as transformações que ocorrem, afetando ou não a qualidade do produto (SOARES et al., 2010).

Por serem altamente perecíveis, as frutas e hortaliças in natura enfrentam problemas relacionados à sua conservação, que vêm desde a colheita, quando se inicia uma série de processos que influenciam na qualidade do produto e nas suas conseqüentes perdas, até que o produto chegue ao consumidor (LEMOS et al., 2008).

Os fatores pré-colheita têm influência marcante na qualidade e no período de vida útil do produto na fase pós-colheita. Para que se obtenha hortaliças de qualidade medidas devem ser tomadas desde a implantação da cultura, como a escolha do material vegetal, a época e o local de plantio, os tratos culturais, a nutrição adequada da planta, o controle de pragas e doenças e a determinação da época de colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As hortaliças, principalmente as folhosas por serem consumidas cruas, devem ser produzidas seguindo práticas que resultem em produtos seguros para consumo, sendo este critério um importante atributo de qualidade, pois pode interferir, também, na vida útil devido a elevada carga microbiana. Essa premissa é verdadeira tanto para o sistema orgânico de cultivo, quanto convencional (ARBOS et al., 2010). Deste modo, a qualidade dos produtos é influenciada por fatores como: variedades, práticas culturais e de manejo (semeadura, pH do solo, plantio, espaçamento, irrigação, controle de plantas daninhas, adubação, fertirrigação, poda, controle fitossanitário, raleamento), fatores de clima (temperatura, umidade, radiação, precipitação e vento) e aspectos de colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Nos tempos atuais, o consumidor tem priorizado a qualidade do produto, e para atender esse mercado tão exigente, a produção agrícola deve ter como finalidade produzir hortaliças de qualidade, com elevado valor nutritivo e maior conservação pós-colheita. Neste contexto, deve-se adequar o manejo da adubação (YURI, 2004) por influenciar nos aspectos de qualidade dos produtos colhidos. Entre as fontes de adubos, o uso de algas tem sido utilizado na agricultura como fonte alternativa aos produtos químicos, e segundo Carvalho e Castro (2014), além de aumentar a produtividade, alguns pesquisadores afirmam que a qualidade das porções vegetais comercializadas, pode ser afetada positivamente pela utilização de produtos à base de extratos de algas.

Roussos et al. (2009), ao avaliarem o efeito de um composto comercial à base de extrato de algas sobre a produtividade e qualidade dos frutos de morangueiro, constataram que os tratamentos promoveram aumento do tamanho de frutos, entretanto, os tratamentos não foram significativos quanto ao pH, acidez titulável e concentração de sólidos solúveis. Além disso, não houve significância para a concentração de ácidos orgânicos, carboidratos, e nem sobre o parâmetro cor, apesar de ter ocorrido aumento no teor de antocianina dos frutos. O teor de vitamina C foi incrementado nas folhas de alface 'Elba' em até 22,54% após três pulverizações com solução contendo 55 g 100 L⁻¹ do extrato de *Ascophyllum nodosum*, indicando que este extrato pode beneficiar a qualidade de outros produtos de origem agrícola (PINTO et al., 2005).

O conteúdo de compostos fenólicos e flavonoides da inflorescência de couve-flor cv. Caraflex foi incrementado após a aplicação de 3,5 L ha⁻¹ de dois produtos diferentes à base de *Ascophyllum nodosum* (Alga Green e XT), que aumentaram, respectivamente, em 1,3 e 2 vezes a quantidade destes compostos (LOLA-LUZ et al., 2013).

A vida útil pode ser definida como o tempo decorrido entre a colheita e a perda da qualidade comercial do produto. Ela varia com o tipo de alimento, temperatura de armazenamento e embalagem, sendo que alguns danos podem antecipar esta vida útil, tais como: contaminação microbiana, contaminação por insetos e roedores, oxidação, reações de escurecimento não-enzimático, ganho de umidade, perda de valor nutritivo e perda da qualidade visual (NUNES, 2011).

A atividade metabólica dos produtos de origem vegetais frescos, continua por um curto período após a colheita. Por este motivo e, devido ao elevado teor de água na sua composição, estes alimentos são altamente perecíveis. As hortaliças folhosas são constituídas, principalmente por água, constituindo de 85 a 95% de sua composição. Por este fator, o atributo de qualidade mais marcante é o murchamento, que ocorre devido à grande perda de água durante seu armazenamento, sendo a aparência o atributo mais importante do ponto de vista da comercialização, devido ao fato, de ser um atrativo visual no momento da escolha do produto e o aspecto murcho afeta intensamente a compra. Para tentar minimizar esse processo, é fundamental conhecer os fatores biológicos e ambientais que provocam a deterioração pós-colheita dos vegetais (NUNES, 2011; EMBRAPA, 2012).

Quando os produtos hortícolas são colhidos, usam as reservas de substrato ou de compostos orgânicos ricos em energia, para respirar e produzir a energia necessária para a manutenção de processos reacionais. Os processos metabólicos que ocorrem nos vegetais após a colheita são a respiração, a transpiração e a produção de etileno, sendo a respiração o mais importante (MORAIS; PINTO, 2000).

Por serem altamente perecíveis, devido ao alto teor de água em sua composição química, conseqüentemente, apresentam uma vida pós-colheita limitada. Para que o tempo de conservação seja maximizado e ocorra redução das perdas pós-colheita, é importante que se conheça e utilize as práticas adequadas de manuseio durante as fases de colheita, pós-colheita, armazenamento, transporte, distribuição, comercialização e consumo, visto que em qualquer uma dessas etapas pode ocorrer contaminação microbiológica (FREITAS-SILVA et al., 2013; COELHO et al., 2015).

As hortaliças folhosas são altamente suscetíveis à perda de água, o que pode ser intensificado pelo manejo inadequado da temperatura e da umidade do ar nos locais de armazenamento e comercialização, com redução da vida de prateleira e aumento do custo final do produto para o consumidor (ÁLVARES et al., 2007).

Condições ambientais adequadas para a conservação pós-colheita dos vegetais podem ser obtidas por meio do controle de temperatura, circulação de ar e umidade relativa. Desta forma, os principais objetivos do armazenamento, é diminuir da atividade biológica do produto, crescimento de microrganismos, temperatura do ambiente e transpiração (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

A utilização de tecnologias de conservação pós-colheita de frutas e hortaliças é importante para aumentar o período de comercialização desses produtos (CERQUEIRA, 2011).

A escolha do método para conservação depende dos recursos econômicos disponíveis, da infraestrutura, hábitos culturais e dos princípios de pós-colheita de cada hortaliça (BOTREL et al., 2010).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em Pombal-PB, no período de abril a agosto de 2014. Utilizou-se a cultivar de alface ‘Elba’, manejada conforme as recomendações de Maldonade et al. (2014).

3.1 Produção de mudas, preparo da área e condução da cultura em campo

As mudas foram produzidas em casa de vegetação, usando-se bandejas de poliestireno expandido constituídas por 288 compartimentos, preenchidos pelo substrato comercial Baseplant®. As bandejas foram dispostas sobre bancadas de madeira, onde foram semeadas na razão de três sementes por célula, efetuando-se desbaste aos dez dias após o transplântio (DAT) e mantendo-se uma muda por compartimento.

Para a confecção dos canteiros em campo, realizou-se o preparo do solo trinta dias antes do transplântio das mudas. O preparo do solo foi constituído de uma aração e uma gradagem, na profundidade de 20 cm e, em seguida, foram construídos os canteiros (Figura 1). Nesta ocasião, coletou-se amostra de solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade para análise físico-química, procedendo-se novamente coleta de amostras de solo para análise, ao final do experimento (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Análise química e física do solo utilizado para o cultivo de alface cv. ‘Elba’, antes do transplântio das mudas para o campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Análise química*												
pH	CE	N	P	K	Ca	Mg	Na	SB	T	V	PST	M.O
-	dSm ⁻¹	%	mg dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----					-----%-----		g kg ⁻¹
6,56	0,08	1,67	349	0,37	5,00	6,70	0,26	12,07	14,72	81,99	1,76	29
Análise física**												
Areia	Silte	Argila	Dens. aparente	Dens. real	Poros. total	Classe textural						
-----g Kg ⁻¹ -----			-----g cm ⁻³ -----		m ⁻³ m ⁻³	-						
748	146	106	1,26	2,50	0,50	Franco Arenoso						

*Laboratório de análises: Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas – LSNP, Pombal – PB. pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5; p, K, Na: extrator Mehlich- I; Al, Ca, Mg: extrator KCl – 1 mol/L; SB = Soma de Bases Trocáveis; CE. em água – relação 1:2,5; CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V: Saturação por Bases; PST= Percentagem de Sódio Trocável. ** Granulométrica: pelo decímetro de Boyoucos, densidade aparente: método da proveta de 100 mL; Densidade real: método do balão.

Tabela 2. Análise química e física do solo utilizado para o cultivo de alface cv. ‘Elba’, após a realização do experimento. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Análise química*												
pH	CE	N	P	K	Ca	Mg	Na	SB	T	V	PST	M.O
-	dSm ⁻¹	%	mg dm ⁻³		-----cmol _c dm ⁻³ -----						-----%-----	g kg ⁻¹
6,71	0,9	1,62	319,66	0,24	5,75	5,28	0,27	12,57	13,27	94,5	2,04	27,91
Análise física**												
Areia	Silte	Argila	Dens. aparente	Dens. real	Poros. total	Classe textural						
-----g Kg ⁻¹ -----			-----g cm ⁻³ -----		m ⁻³ m ⁻³	-						
748	146	106	1,26	2,50	0,50	Franco Arenoso						

*Laboratório de análises: Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas – LSNP, Pombal – PB. pH em água, KCl e CaCl₂ – Relação 1:2,5; p, K, Na: extrator Mehlich- I; Al, Ca, Mg: extrator KCl – 1 mol/L; SB = Soma de Bases Trocáveis; CE. em água – relação 1:2,5; CTC (T) – Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V: Saturação por Bases; PST= Percentagem de Sódio Trocável. ** Granulométrica: pelo decímetro de Boyoucos, densidade aparente: método da proveta de 100 mL; Densidade real: método do balão.

Os canteiros mediram 16,1 m de comprimento, 1,05 de largura e altura de 20 cm, sendo sombreados com sombrite a 50%, em estruturas tipo túneis baixo com altura de 1,20 m do solo. Nos canteiros, separaram-se seis parcelas, sendo cada parcela constituída por 32 plantas, no espaçamento de 0,25 x 0,25 m, sendo a área útil constituída de 12 plantas. O transplântio das mudas para o campo foi realizado quando as plantas estiveram com quatro folhas definitivas (Figura 1).



Figura 1. Preparo do solo (A), confecção dos canteiros (B), distensão do sombrite (C), produção das mudas em casa de vegetação (D), estabelecimento das fileiras de plantio no canteiro (E) e transplântio das mudas nos canteiros (F). UFCG, Pombal-PB, 2015.

Para a irrigação, utilizou-se o sistema de gotejamento, com frequência de quatro regas diárias e duração de 15 minutos por rega, reduzindo-se ou suspendendo-se a irrigação em dias de chuva. A água utilizada na irrigação foi proveniente do sistema de abastecimento da

cidade. A mesma foi avaliada no laboratório de análises de Solos e Nutrição de Plantas da UFCG/Pombal-PB (Tabela 3).

Periodicamente realizou-se capina manual nos canteiros com o intuito de eliminar o excesso de plantas daninhas em volta das plantas. Os dados climatológicos foram coletados diariamente durante todo o período da pesquisa na área experimental (Figuras 2 e 3).

Tabela 3 – Análise da água utilizada na irrigação da alface. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Análise de Água						
pH	CE	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	
-	dSm ⁻¹	----- mmol _c dm ⁻³ -----				
7,28	0,23	0,16	0,31	0,69	0,82	
SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	RAS	SALINIDADE	CLASSIFICAÇÃO
----- mmol _c dm ⁻³ -----						
0,63	0,00	1,00	1,25	1,15	Salinidade baixa	C ₁

RAS - Relação de Absorção de Sódio

*Laboratório de análises: Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas – LSNP. UFCG, Pombal – PB.

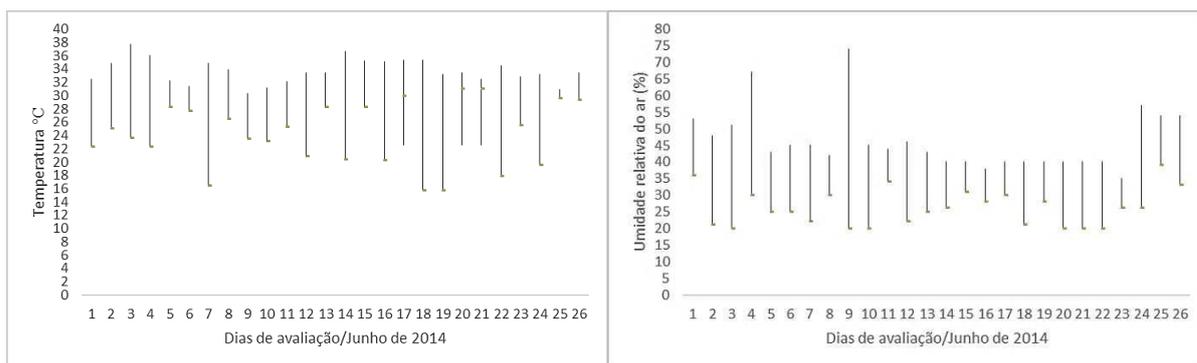


Figura 2. Temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) da área experimental. UFCG, Pombal-PB, 2015.

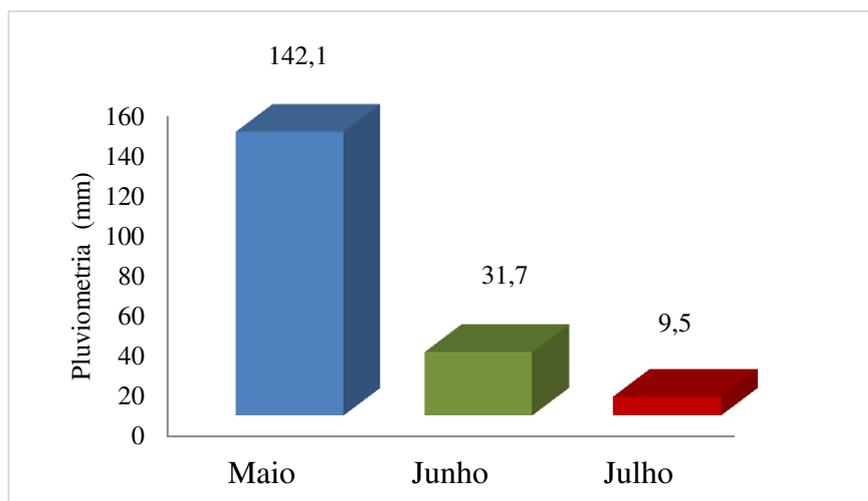


Figura 3. Médias mensais da precipitação ocorrida durante a condução do experimento. Fonte: Emater/PB. UFCG, Pombal-PB, 2015.

3.2 Experimento em campo

O experimento foi instalado no delineamento em blocos ao acaso (DBC), com seis tratamentos e seis blocos. Os tratamentos foram constituídos pelas concentrações 0%, 1,5%, 3%, 4,5%, 6%, e 7,5% de Spirufert® (fertilizante orgânico simples classe “A”, marca Tamanduá), aplicados nas parcelas, codificadas com placas de identificação quanto ao tratamento e ao bloco (Figura 4).

A composição química e física do Spirufert® estão apresentados na Tabela 4. Os tratamentos foram aplicados ao final da tarde após irrigação das plantas, via pulverização foliar a 1, 7, 14, 21 e 28 DAT das mudas para o campo, considerando-se o ponto de escorrimento do produto na planta, como referência ao volume da calda aplicado por planta (Figura 5). O preparo das soluções foi feito no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA, através da diluição do produto em 800 mL de água destilada. Após o preparo de cada solução, as mesmas foram peneiradas e avaliadas quanto ao pH, com uso de pHmetro digital, e a condutividade elétrica, com uso de condutivímetro de bancada (25 °C) (Tabelas 5). A aplicação em campo foi realizada através de um pulverizador manual, com capacidade para 900 mL.

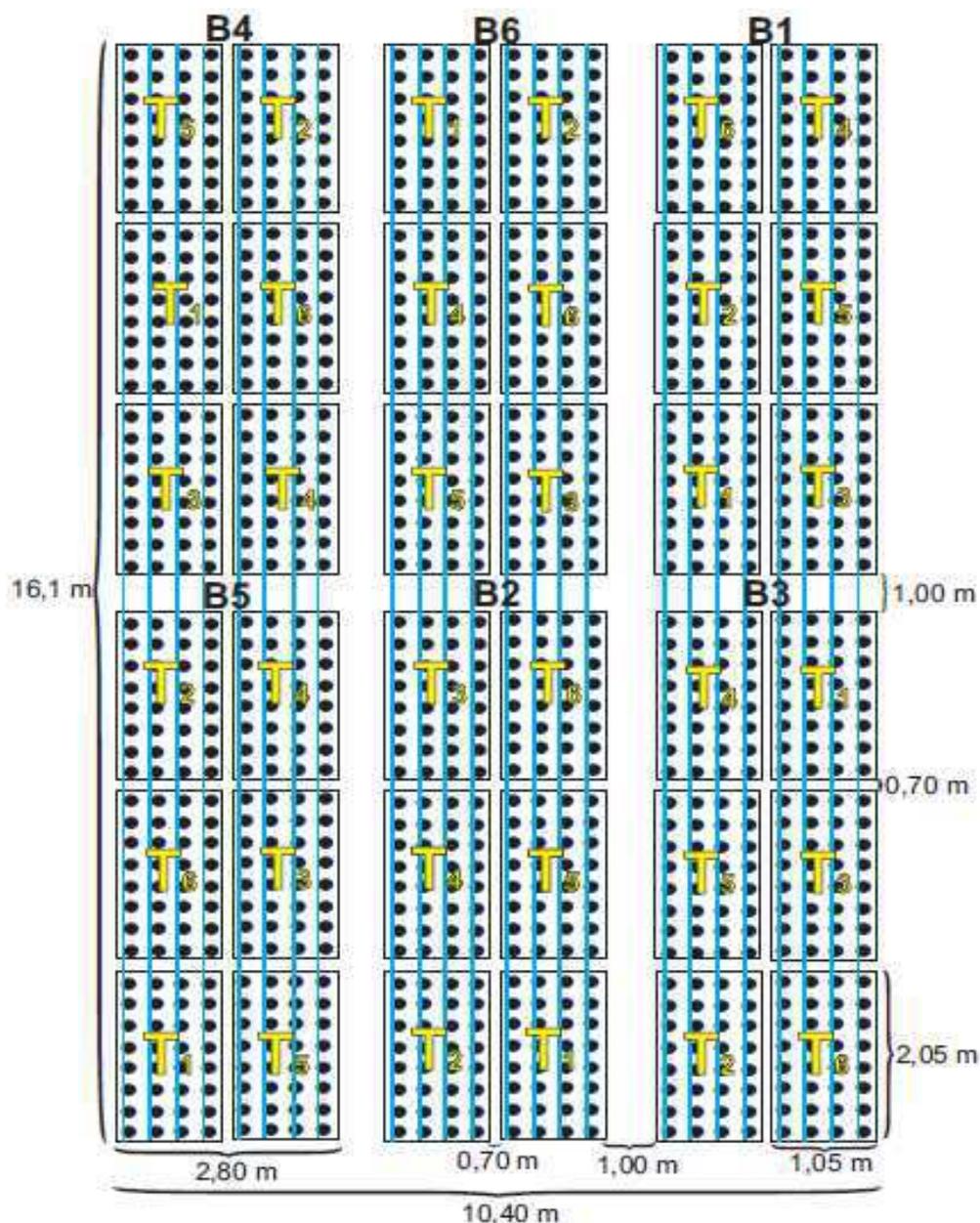


Figura 4. Croqui da área experimental em campo no delineamento de blocos ao acaso (DBC), com seis tratamentos (T), seis blocos (B) e 32 plantas na parcela. T1: 0%, T2: 1,5%, T3: 3%, T4: 4,5%, T5: 6%, e T6: 7,5% de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Tabela 4. Constituição química e física do Spirufert® (fertilizante orgânico simples classe “A”, marca Tamanduá). UFCG, Pombal-PB, 2015.

pH	CE	N	P	K	Ca	Mg	S	Na	C _{Org.}	MO	Cinzas	Umid.
-	μS/cm	-----%										
3,7	1040,0	4,40	0,82	0,68	0,16	0,23	0,45	0,20	25,95	94,70	5,30	76,40
Relação C/N	CTC	Relação CTC/C _{Org.}		Índice salino		Fe	Mn	Cu	Zn	B	Co	
-	mmol/kg	-		%		-----ppm-----						
5/1	130	5,0		2,90		280,0	15,0	10,0	60	245,0	15,0	

Fonte: Laboratório Unithal. Amostra com resultado em base peso/peso e matéria seca.

Tabela 5. pH e CE das soluções preparadas com Spirufert® para uso por meio de pulverizações foliares na alface cv. ‘Elba’. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Concentrações de Spirufert®	pH	CE dS.m ⁻¹ a 25°C.
0%	5,25	0,02
1,5%	4,38	0,3
3,0%	3,96	0,5
4,5%	4,24	0,77
6,0%	4,23	0,98
7,5%	3,97	1,17

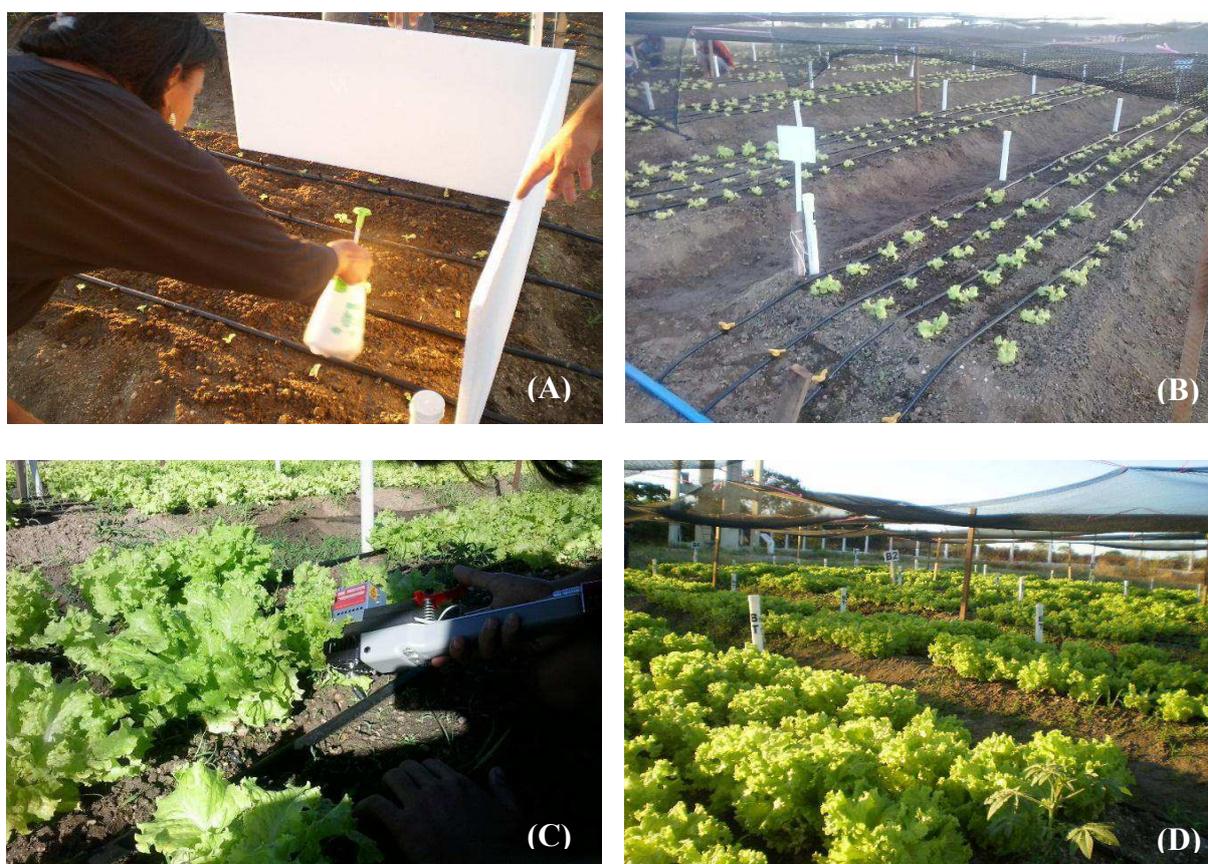


Figura 5. Aplicação dos tratamentos à base de Spirufert® em campo (A), sistema de irrigação por gotejamento (B), avaliações fisiológicas aos 38 DAP (C), área experimental aos 38 DAP (D). UFCG, Pombal-PB, 2015.

3.3 Colheitas

Para viabilizar a realização das análises de crescimento, produtividade e de qualidade, a colheita foi realizada em etapas. Na primeira, as plantas foram colhidas aos 38 dias após o transplântio das mudas em campo (DAT) com o intuito de avaliar a qualidade e a conservação da alface sob condições de prateleira, em sala climatizada à 26°C, onde coletou-se 18 plantas por tratamentos, totalizando 36 de plantas por tratamento. Na segunda etapa, as plantas foram

colhidas aos 40 DAT com o intuito de avaliar as características de crescimento, e composição mineral, em que se utilizaram oito plantas por parcela, considerando-se as plantas mais uniformes e vigorosas.

As colheitas foram realizadas manualmente no intervalo das 5:00 às 7:00h da manhã utilizando-se caixas plásticas. Os tratamentos foram devidamente identificados nas suas respectivas caixas de colheita, e imediatamente transportados para o Laboratório de Fitotecnia do CCTA, com o intuito de evitar a exposição ao meio, preservando as características do vegetal. No laboratório realizou-se lavagem em água corrente e exposição em bancada para escoar o excesso da água de lavagem.

3.4 Experimento em laboratório: Qualidade pós-colheita

Para a avaliação da qualidade e conservação da alface sob condições de prateleira, considerou-se o delineamento inteiramente ao acaso (DIC), em parcelas subdivididas no tempo, com seis repetições e cada repetição constituída por três plantas. As parcelas foram constituídas por seis tratamentos (0%, 1,5%, 3,0%, 4,5%, 6,0%, e 7,5% de Spirufert®) e as subparcelas, pelas épocas de avaliação (por ocasião da colheita e 24h após a permanência das alfaces sob prateleira em ambiente climatizado a 26°C).

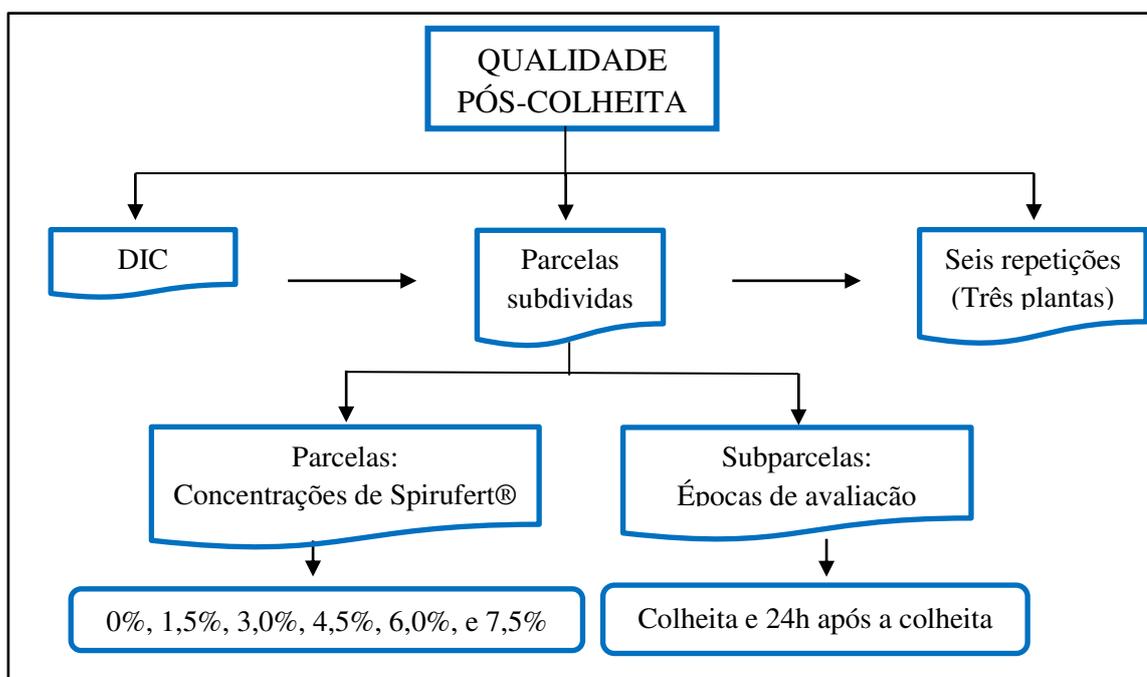


Figura 6. Fluxograma do delineamento experimental utilizado em laboratório para as avaliações de qualidade pós-colheita da alface cv. 'Elba'. UFCG, Pombal-PB, 2015.

3.5 Características analisadas

3.5.1 Crescimento e Produção

Realizadas por ocasião do experimento instalado em campo (item 3.2). Para as análises dos padrões de crescimento e produção, foram utilizadas oito plantas de alface, representativas de cada parcela experimental. Realizaram-se as seguintes análises:

a) Diâmetro da copa: Medido em campo, com o auxílio de régua graduada, de uma extremidade para outra. Os resultados foram expressos em cm.

b) Altura de plantas: Foi medida em campo, com auxílio de régua graduada, da base até ápice da planta. Os resultados foram expressos em cm.

c) Número de folhas (NF): Obtido pela contagem das folhas por planta.

d) Massa fresca da parte aérea (MFPA) e do sistema radicular (MFSR): Foram aferidas, separadamente, através de pesagem em balança analítica, considerou-se a parte aérea, a partir do colo da planta ao ápice, e o sistema radicular, do colo a porção final das raízes. Os resultados foram expressos em g por planta.

e) Massa seca da parte aérea (MSPA) e do sistema radicular (MSSR): Foram determinados, separadamente, a massa seca da parte aérea e do sistema radicular das plantas de alface, após secagem em estufa de circulação de ar forçado à 60°C, onde procedeu à pesagem em balança analítica com precisão de 0,01 g. Os resultados foram expressos em g por planta.

f) Comprimento da raiz (CR): Medido com o auxílio de régua graduada, onde realizou-se medida do colo a porção final das raízes das plantas de alface. Os resultados foram expressos em cm.

g) Massa fresca total da planta (MFT): Foi obtido pela soma da massa fresca da parte aérea e do sistema radicular. Os resultados foram expressos em g por planta.

h) Massa seca total da planta (MST): Foi obtido pela soma da massa seca da parte aérea e do sistema radicular. Os resultados foram expressos em g por planta.

i) Umidade (U): Obtido pela diferença entre os valores da massa fresca e seca da parte aérea das plantas de alface. Os resultados foram expressos em %.

3.5.2 Análise foliar

Realizadas por ocasião do experimento instalado em campo (item 3.2). Para realização das análises dos teores de nutrientes nos tecidos foliares, foram utilizadas oito plantas de alface, representativas de cada parcela experimental. Avaliou-se a seguinte análise:

a) Minerais

Realizada ao final do experimento, aos 40 DAT, considerando-se uma amostra composta para cada tratamento alocado em blocos. Após a moagem do material vegetal seco, foi realizada a digestão em ácido sulfúrico a 0,110g para o N-total em nítrico-perclórico a 0,5 g para P, K e para o micronutriente Na (MALAVOLTA et al., 1997).

3.5.3 Análises fisiológicas

Realizadas por ocasião do experimento instalado em campo (item 3.2). Para realizar as análises fisiológicas, selecionou-se uma planta de cada tratamento, a qual se fez duas leituras. As medidas foram realizadas aos 38 dias após o transplante (DAT), em folhas completamente desenvolvidas do centro da planta, no período de 7:00 às 8:00 horas da manhã. Avaliou-se a seguinte análise:

a) Trocas gasosas

Para as avaliações de trocas gasosas, foi utilizado o analisador de gás no infravermelho (IRGA) LCpro (Analytical Development, Kings Lynn, UK) com fonte de luz constante de $1.200 \mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{s}^{-1}$, onde determinou-se a taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i).

3.5.3 Análises de qualidade

Realizadas por ocasião do experimento instalado em laboratório (item 3.4). Para realização das análises, as amostras foram homogeneizadas em centrífuga doméstica para obtenção do suco, a partir do suco, realizou-se análises de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), pH e vitamina C. As análises de clorofila e de proteína foram feitas a partir da amostra de folhas maceradas em almofariz. Realizou-se as seguintes análises de qualidade:

a) Sólidos solúveis (SS)

Determinado diretamente no suco homogeneizado, através de leitura em refratômetro digital (modelo PR – 100, Palette, Atago Co., LTD., Japan), segundo AOAC (1997). Os resultados foram expressos em percentagem (%).

b) Acidez titulável (AT)

Determinada por titulometria, utilizando-se uma alíquota de 1 mL de suco, na qual foram adicionados 49 mL de água destilada e 3 gotas de fenolftaleína alcoólica a 1%, usando-se solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, padronizada com biftalato de potássio, como titulante. Expressando-se os resultados em porcentagem (%) de ácido cítrico equivalente à quantidade de NaOH gasto na titulação (AOAC, 1997).

c) Potencial hidrogeniônico (pH)

Avaliado diretamente no suco, com auxílio de um potenciômetro digital marca Tecnonon (Modelo mPA – 210P/Versão 7.1), conforme técnica da Association of Official Analytical Chemists – AOAC (1997).

d) Relação SS/AT

Estimada pelo quociente entre os dois constituintes: sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT).

e) Vitamina C

Avaliada de acordo com metodologia proposta por Strohecker e Henning (1967), sendo adotada 1 mL do suco, diluindo-se em 49 mL de ácido oxálico e posteriormente

realizando a titulação com solução de Tilman. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 mL de suco.

f) Clorofila

Para determinação da clorofila, partiu-se da maceração em almofariz de 0,2 g da folha triturada da alface, em seguida adicionou-se 0,2 g de carbonato de sódio e, posteriormente 10 mL de acetona (concentração de 80%), para desintegração. As amostras foram centrifugadas a 1500 rpm por 10 min., após o resfriamento do extrato líquido, uma alíquota foi utilizada para leituras em 470, 646 e 663 nm com o espectrofotômetro. A partir das leituras obtidas no espectrofotômetro determinou-se o conteúdo das clorofilas *a*, *b* e total. Os resultados foram expressos em mg g⁻¹.

g) Proteína

A análise de proteína foi realizada na matéria fresca, a partir do macerado de folhas no almofariz, do qual se obteve 0,2 g, posteriormente, as amostras foram colocadas em tubos digestores, acrescentando, 1,5 g de mistura catalítica e 3 ml de ácido sulfúrico. Em seguida, as amostras foram colocadas no bloco digestor e, aquecidas lentamente, elevando gradativamente para 400°C, até que o líquido se torne límpido e transparente, de tonalidade azul-esverdeada. Após o término da digestão, adicionou-se 10 ml de água destilada mais 15 mL de hidróxido de sódio aos tubos digestores para inicializar a destilação no destilador de nitrogênio de Kjeldahl, contendo 10 ml de ácido bórico. Posteriormente, fez-se a titulação das amostras, em solução indicadora (alaranjado de metila e verde de bromocresol). Os resultados foram expressos em %.

3.6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Não havendo ajustes à regressão, procedeu-se a apresentação dos resultados em gráficos de barra ou tabelas, com média e desvio padrão. As análises foram realizadas pelo programa computacional Sistema para Análise de Variância – SISVAR (FERREIRA, 2011) e os gráficos elaborados através do Microsoft Excel 2013.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises de crescimento

Conforme a análise de variância, Tabela 6, não houve efeito significativo das concentrações de Spirufert® para as variáveis, número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA), altura de plantas (AP) e diâmetro da copa (DC), massa seca (MSPA) e umidade (UMPA) da parte aérea das plantas de alface cultivar Elba.

Tabela 6. Resumo de análise de variância das variáveis, número de folhas (NF), massa fresca da parte aérea (MFPA) (g), altura de plantas (AP) (cm), diâmetro da copa (DC) (cm), massa seca da parte aérea (MSPA) (g) e umidade da parte aérea (UMPA) (%) em alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio					
		NF	MFPA	AP	DC	MSPA	UMPA
Tratamento	5	26,629167 ^{ns}	5849,564324 ^{ns}	14,273611 ^{ns}	4,927778 ^{ns}	8,436929 ^{ns}	27,741453 ^{ns}
Bloco	5	39,879167*	6656,74299 ^{ns}	44,506944*	9,094444*	29,711809**	40,589033*
Erro	25	14,325833	2738,685490	16,646944	2,664444	6,608645	15,179991
CV (%)		21,99	39,78	15,50	10,38	16,92	4,48
Média geral		17,20	131,55	26,31	15,72	15,19	86,94

** significativo a 1%; * significativo a 5%; ^{ns} não significativo a 5%, pelo teste ‘F’; CV- coeficiente de variação.

Na Tabela 7, encontram-se os resultados da análise de variância para as variáveis, massa fresca do sistema radicular (MFSR), comprimento de raiz (CR), massa seca do sistema radicular (MSSR), massa fresca total da planta (MFTP) e massa seca total da planta (MSTP), onde verifica-se, que não houve efeito significativo para os tratamentos, concentrações de Spirufert®, em qualquer das características analisadas.

Estes resultados corroboram com os encontrados por Pinto et al. (2010), que ao avaliarem a eficiência de diferentes concentrações de Vigostin (extrato de alga *Ascophyllum nodosum*) na produção de alface cv. ‘Elba’, em Neossolo Flúvico, relatam que o peso da massa fresca da alface não diferiu significativamente quando se utilizou as diferentes doses do extrato de algas pulverizado sobre as folhas (0,5 L⁻¹ e 1,0 L⁻¹) ou sobre o solo na menor dose (0,5 L⁻¹).

De modo semelhante, Bardivieso et al. (2011), ao testarem a eficiência de cinco doses (0; 0,5; 1; 2 e 4 L ha⁻¹) do extrato de alga *Ascophyllum nodosum* aplicado via foliar na cultura da batata (*Solanum tuberosum*), verificaram que não houve influência das diferentes doses do

extrato no número de hastes por planta durante os períodos de avaliações (38, 53 e 68 dias após o plantio), como também sobre o aumento do número de tubérculos por plantas.

Tabela 7. Resumo de análise de variância das variáveis, massa fresca do sistema radicular (MFSR), comprimento de raiz (CR), massa seca do sistema radicular (MSSR), massa fresca total da planta (MFTP), massa seca total da planta (MSTP) em alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio				
		MFSR	CR	MSSR	MFTP	MSTP
Tratamento	5	6,545183 ^{ns}	1,496009 ^{ns}	0,095407 ^{ns}	6290,312444 ^{ns}	14,076904 ^{ns}
Bloco	5	11,435356 ^{ns}	4,730543 ^{ns}	0,161353 ^{ns}	7153,321324 ^{ns}	22,892251 ^{ns}
Erro	25	5,195307	2,644381	0,077776	2946,949503	11,442394
CV (%)		27,60	11,74	4,97	38,94	16,45
Média geral		8,25	13,85	5,60	139,41	20,56

^{ns} não significativo a 5% pelo teste ‘F’; CV- coeficiente de variação.

Embora não se tenha constatado significância na análise de variância, conforme demonstrado anteriormente, houve tendência à redução no NF na cultura da alface com o aumento nas concentrações de Spirufert® (Figura 7A). O maior número de folhas, contabilizado aos 40 dias após o transplântio (DAT) foi registrado nas plantas cultivadas na ausência do produto. Em concordância ao NF, observou-se que a MFPA, foi reduzido pelo aumento nas concentrações do adubo foliar, sendo que o maior valor foi registrado na ausência do Spirufert®, 172,06 g e o menor, 103,95 g, na dose de 7,5% do produto, correspondendo a uma redução de 39,58%, em relação ao tratamento na dose de 0% (zero) (Figura 7B). Reporta-se comportamento semelhante, ou seja, graficamente uma tendência à redução com o aumento nas concentrações de Spirufert®, para as demais variáveis AP, DC, MSPA, UMPA, MFSR e CR apresentadas na Figura 7.

Analisando-se os resultados dispostos na Figura 7, as concentrações crescentes de Spirufert® utilizadas nesta pesquisa, provavelmente, tenham influenciado negativamente nas variáveis de crescimento. Tal resultado pode ser relacionado ao fato do aumento nas concentrações do produto proporcionar aumento na acidez das soluções, passando de um pH 5,25 para 3,97, nas concentrações 0% e 7,5% de Spirufert®, respectivamente, verificando-se, também, que a salinidade aumentou com o aumento nas concentrações do produto, passando de 20,4 para 1174,0 $\mu\text{s cm}^{-1}$, nas concentrações 0% e 7,5% de Spirufert®, respectivamente (Tabela 5), desta forma pode ter interferido na capacidade de absorção do produto pela planta. É possível que o fertilizante foliar Spirufert®, não tenha apresentado os seus nutrientes prontamente disponíveis para planta, ou, pode ter ocorrido baixa eficiência da absorção foliar pela cultura, aos componentes presentes, macronutrientes e micronutrientes, devido ao

provável fechamento de estômatos, em virtude da elevada temperatura. Desta forma, em estudos posteriores, o uso de concentrações menores deve ser melhor focado.

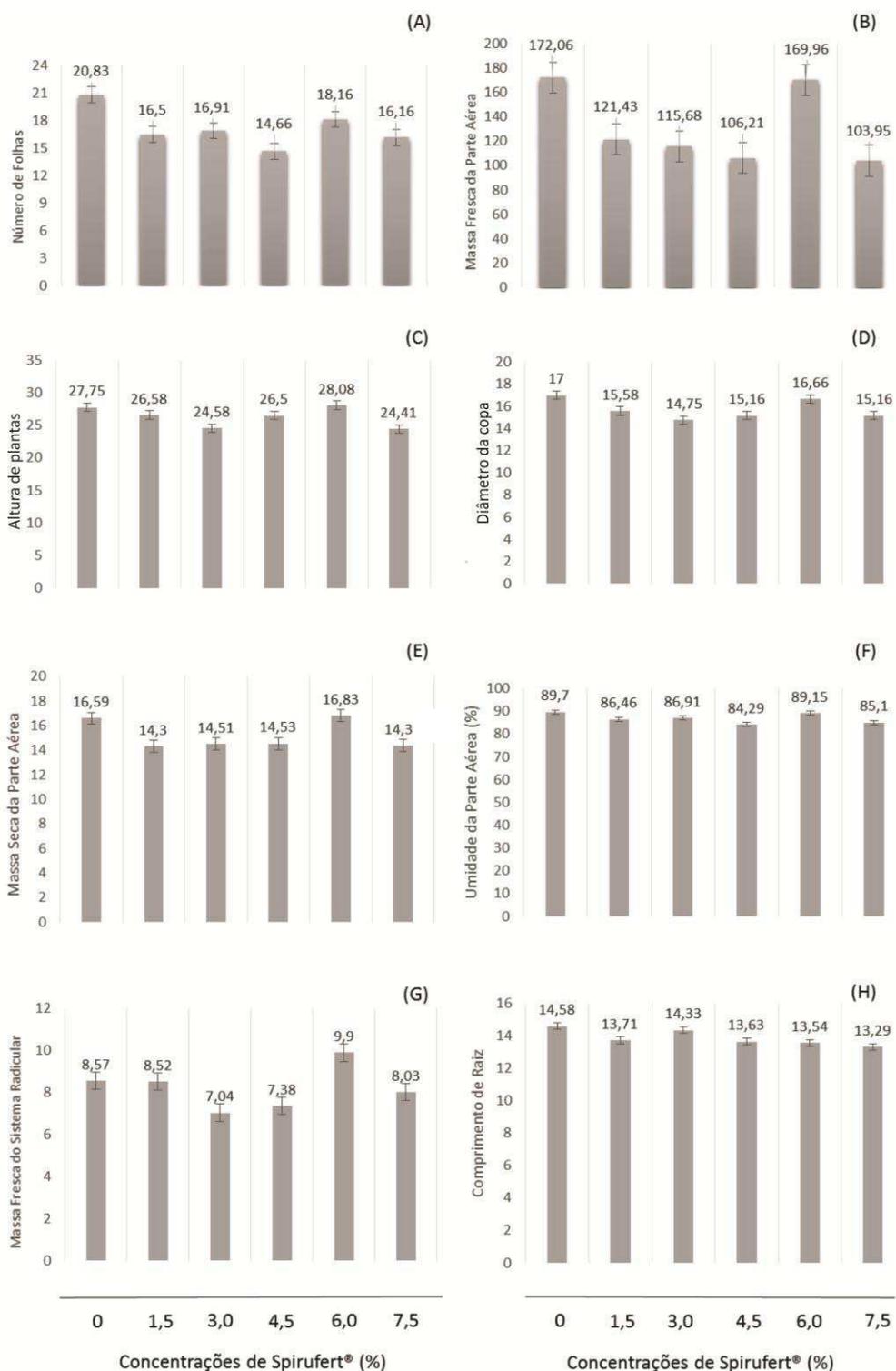


Figura 7. Número de folhas (A), massa fresca da parte aérea, g (B), altura de plantas, cm (C), diâmetro da copa, cm (D), massa seca da parte aérea, g (E), umidade da parte aérea, % (F), massa fresca do sistema radicular, g (G), comprimento da raiz, cm (H) em alface cv. 'Elba', pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Contudo, os resultados constatados nesse experimento, discordam com os encontrados por Oliveira et al. (2013), que analisando a produtividade da beterraba em função da adubação foliar a base de *Spirulina platensis*, verificaram que a massa fresca das plantas de beterraba, foi significativamente influenciada pelas aplicações foliares do produto nas concentrações de 1,5 e 3,0 g L⁻¹, respectivamente. A resposta desta hortaliça, as concentrações de *Spirulina*, pode ser justificada, não só pelas aplicações foliares do fertilizante, mas pela adubação com composto orgânico, realizada no solo antes do cultivo da beterraba, onde houve a mineralização, o que provavelmente contribuiu para o incremento do crescimento da cultura.

Em plantas de couve, o aumento das doses do extrato da alga marinha *Ascophyllum nodosum* promoveu incremento no número de folhas, onde a aplicação de 6,00 ml L⁻¹ proporcionou um valor estimado de 6,39 folhas planta⁻¹, proporcionando um aumento de 1,89% desta variável para cada ml aplicado (SILVA et al., 2012). A variável NF é importante, principalmente pelo fato da alface ser uma hortaliça folhosa, cujas folhas constituem a parte comercial (FILGUEIRA, 2012), considerando, também, que o consumidor efetua a compra por unidade e não por peso, observando-se assim, a aparência, volume e número de folhas por cabeça (DIAMANTE et al., 2013). Em alface, a maior quantidade de folhas por planta resulta, em geral, numa maior área foliar, maior massa fresca e, conseqüentemente, produtividade (ARAÚJO et al., 2011).

Os resultados de AP e o DC (Figura 7C e 7D), corroboram com os encontrados por Limberger e Gheller (2012), ao avaliarem o diâmetro da copa das plantas de alface, em função da aplicação foliar de extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*), ácido glutâmico e de nutrientes, ou seja, os diferentes tratamentos utilizados não surtiram efeito, estatisticamente significativo, na cultura da alface, com variação de 32,46 a 33,39 cm. Ao analisar a eficiência do fertilizante foliar a base de *Spirulina platensis* sob a produtividade da *Beta vulgaris* L., Oliveira et al. (2013) verificaram que as concentrações de 1,5 e 3,0 g L⁻¹, promoveram diâmetro de 71,16 e 72,70 cm, respectivamente.

Não houve aumento de MSPA com o aumento nas concentrações de Spirufert® (Figura 7E). Com esse resultado, constata-se que a adubação foliar a base de *Spirulina* não proporciona maior acréscimo na atividade fisiológica e, conseqüentemente no acúmulo de massa seca na cultura da alface. A variável UMPA deste trabalho foi inferior ao reportado por Oshe et al. (2009), que avaliando a composição centesimal e o valor calórico de cultivares de alface, encontraram teores de 96,0% de umidade. De acordo com Honório et al. (2010), a umidade elevada em alface pode ocasionar maior maciez, tornando-se mais apreciada. Porém,

quanto maior a umidade, menor a concentração de nutrientes em sua composição, além de favorecer a entrada de microorganismos causadores de apodrecimento. Desta forma houve tendência a menor umidade, as plantas tratadas com concentrações maiores de Spirufert® (Figura 7F).

Embora o uso do Spirufert®, não tenha estimulado o desenvolvimento do sistema radicular da alface (Figura 6G e 6H), esperava-se que houvesse influência das concentrações do fertilizante, possivelmente, por um efeito hormonal ou pela translocação dos fotoassimilados das folhas para a raiz, favorecendo assim, a expressão do potencial genético das plantas de alface, que estimulasse o desenvolvimento do sistema radicular. Resultado contrário foi constatado por Santos et al. (2012), que ao avaliar as aplicações crescentes de Algaenzimas (0,0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0%), bioestimulante comercial à base de alga marinha do gênero *Sargassum*, no desenvolvimento de mudas de melancia cv. Crimson Sweet, verificaram que o comprimento radicular das plântulas de melancia foi influenciado pelo bioestimulantes, sendo que a dose de 0,5% desempenhou melhor resultado em comparação aos demais tratamentos. Silva et al. (2012) constataram que o comprimento do sistema radicular da couve-folha teve um incremento médio de 7% ao aplicar 4 ml L⁻¹ do extrato de alga, no entanto, a maior dose (6 ml L⁻¹) promoveu redução de 15%, respectivamente.

O comportamento da MSSR (Figura 8A) na alface em função das doses de Spirufert®, é similar ao observado por Silva et al. (2012), que avaliando o desenvolvimento inicial de mudas de couve-folha em função do uso de extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*), verificaram que a massa seca do sistema radicular não teve variação das médias com o aumento da quantidade aplicada do extrato de alga, tendo como valores médios 0,19 ± 0,01 cm e 0,07 ± 0,02 g por planta.

A MFTP e a MSTP tiveram tendência à redução com o aumento das concentrações de Spirufert® (Figura 8B e 8C). Contrariamente, Adam et al. (2008) ao analisar o efeito do extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*) e sulfato de cobre em alface em sistema orgânico, observaram que a dose de 0,3% do extrato, aplicado isoladamente, promoveu maior acúmulo de massa seca da alface. Pereira et al. (2010) quando avaliaram o desempenho de plantas de alface crespa cv. Verônica, em resposta a doses de biofertilizante em diferentes concentrações aplicados via foliar, obtiveram incremento linear na massa seca para das plantas em todas as concentrações de biofertilizante utilizadas, com destaque para as que receberam 20% da solução, que tenderam a originar plantas com maior massa seca total das folhas.

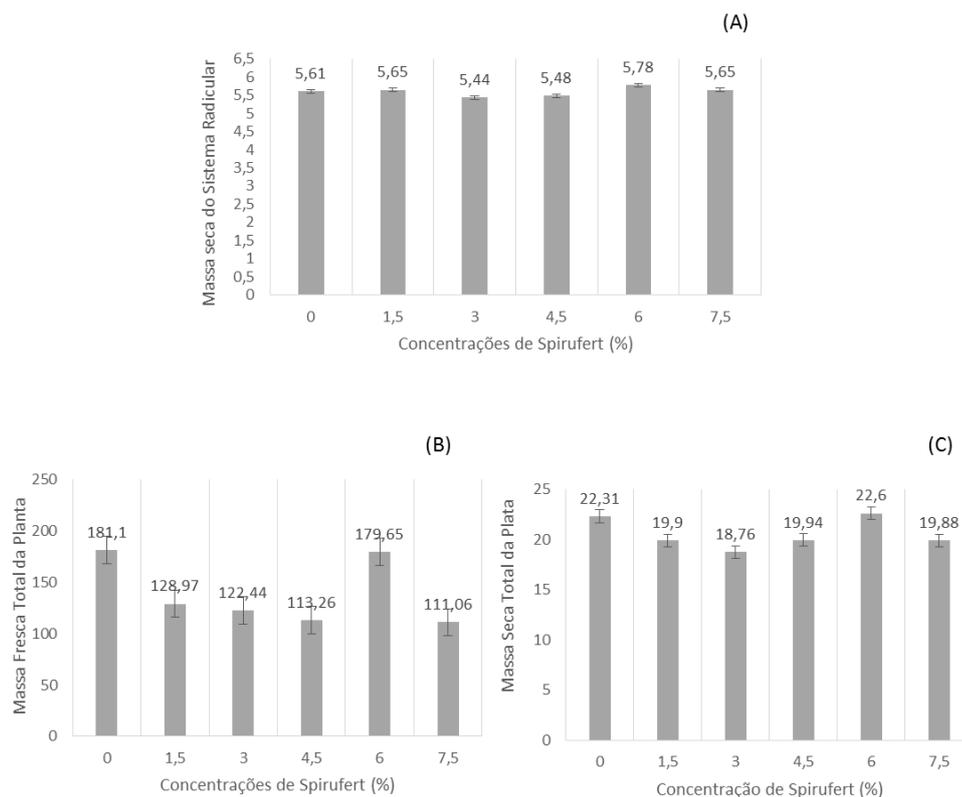


Figura 8. Massa seca do sistema radicular, g (A), massa fresca total da planta, g (B), massa seca total da planta, g (C) em alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.

4.2 Análises foliar

4.2.1 Minerais

Pelos resultados obtidos na análise de variância para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e sódio (Na) na parte aérea das plantas apresentados na Tabela 8, observa-se que as aplicações foliares das diferentes concentrações do Spirufert®, não afetaram, de forma significativa, o acúmulo desses nutrientes na massa seca das folhas de alface.

Tabela 8. Resumo de análise de variância das variáveis, N, P, K e Na em folhas de alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		N	P	K	Na
Tratamento	5	0,058500 ^{ns}	0,259252 ^{ns}	5,248765 ^{ns}	5027,094444 ^{ns}
Bloco	5	0,017833 ^{ns}	0,603892 ^{ns}	31,596138 ^{**}	37966,427778 ^{**}
Erro	25	0,042633	0,298318	3,316326	4950,881111
CV (%)		6,86	8,79	8,52	15,37
Média geral		3,00	6,21	21,37	457,80

^{**} significativo a 1%; ^{*} significativo a 5%; ^{ns} não significativo a 5%, pelo teste ‘F’; CV- coeficiente de variação.

O nitrogênio é um dos nutrientes minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais limita o crescimento (SOUZA; FERNANDES, 2006). Ainda que não se tenha verificado efeito significativo, como demonstrado na análise de variância, nota-se na Figura 9A, uma tendência de aumento no teor de 'N' na massa seca das folhas de alface, cv. 'Elba', com o aumento das concentrações de Spirufert®, onde os valores alcançados passaram de 2,85 para 3,15 dag kg⁻¹. Provavelmente, as plantas absorveram pequenas quantidades deste nutriente, porém, não supriu a necessidade de nitrogênio da cultura, o que comprometeu os parâmetros de produção avaliados neste experimento, como por exemplo, o NF, uma vez que este nutriente promove aumento no número e tamanho das folhas das hortaliças. Possivelmente, a tendência de aumento nos teores de N nas folhas das plantas, se deva ao fato de que tenha ocorrido uma melhoria do solo ocasionada por cultivos antecedentes, que criaram condições favoráveis para atendimento das necessidades da cultura, favorecendo o desenvolvimento das plantas. Ainda, os níveis de nitrogênio foliar verificado deve-se, supostamente, às condições edafoclimáticas da região, que pode ter interferido na absorção dos nutrientes, o que resultou na ausência de respostas satisfatórias nos aspectos de produção.

Confrontando este resultado ao encontrado por Oliveira et al. (2010), verifica-se que o teor máximo de N obtido (2,93 dag kg⁻¹) na massa seca das folhas de alface, foi semelhante ao constatado neste trabalho. De acordo com Faquin e Andrade (2004) o nitrogênio é o segundo elemento químico mais extraído pela cultura. A alface é composta basicamente de folhas, respondendo bem ao fornecimento de nitrogênio, nutriente que requer um manejo especial quanto à adubação, por ser de fácil lixiviação e pelo fato da cultura absorver maior quantidade na fase final do ciclo (GRANGEIRO et al., 2006).

Lüdke et al. (2009), ao analisar a produção orgânica de alface do tipo americana (OGR 326, Gloriosa, Tainá e Laurel), fertirrigada com biofertilizantes (Agrobio, Bioembrapa), Extrato de Composto Orgânico e Testemunha) em cultivo protegido, verificaram que as plantas que receberam o biofertilizante Bioembrapa e a testemunha, obtiveram os maiores de N, de 4,07 e 3,99 dag kg⁻¹, respectivamente.

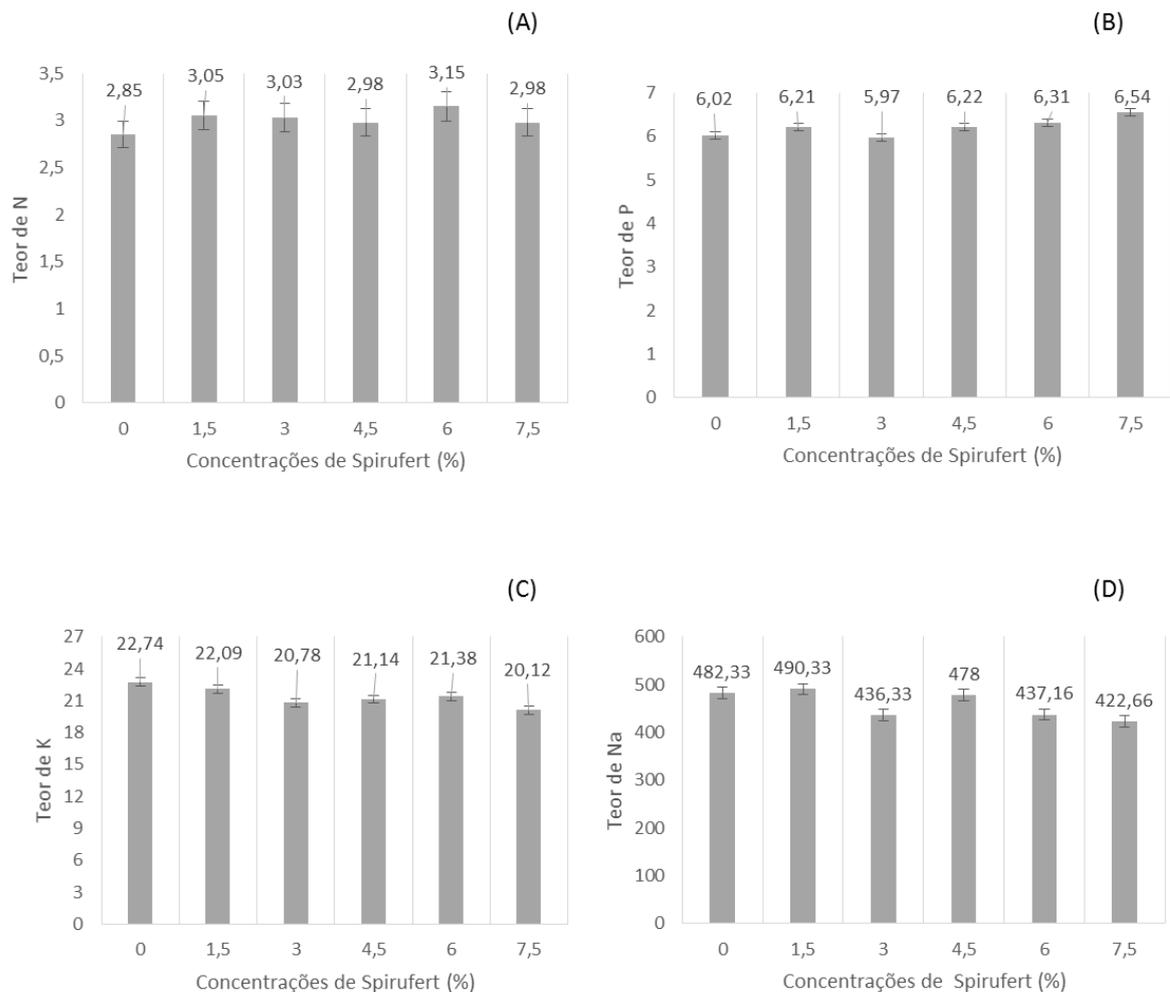


Figura 9. Teor de N (dag kg⁻¹) (A), P (dag kg⁻¹) (B), K (dag kg⁻¹) (C) e Na (dag kg⁻¹) (D) em folhas de alface cv. 'Elba', pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert®. Pombal- PB, 2015.

Para os teores foliares de fósforo em função das concentrações de Spirufert® (Figura 9B), observa-se que o fertilizante foliar não promoveu efeito significativo, com variação de médias de 5,97 a 6,54 dag kg⁻¹, respectivamente. Os níveis estabelecidos por Trani e Raij (1997) como preconizados para a cultura são de 4,0 a 7,0 g kg⁻¹ de fósforo, respectivamente. Para tanto, os valores obtidos neste trabalho estão apropriados. Cogita-se que, os níveis de fósforo foliar, podem ser justificados pela absorção via radicular das plantas de alface, uma vez que, o experimento foi realizado em uma área onde os cultivos anteriores receberam adubação mineral, o que resultou em um solo produtivo, e em plantas adequadamente nutridas, com os nutrientes contidos na solução do solo, o que pode explicar a ausência de resposta das plantas às concentrações de Spirufert®. Segundo Grant et al. (2001) e, Taiz e Zeiger (2013), este nutriente é fundamental na composição da adenosina triosefosfato (ATP), responsável pelo armazenamento e transporte energético para processos endergônicos como a

síntese de compostos orgânicos e absorção ativa de nutrientes, e sua deficiência restringe o processo de crescimento das plantas.

As quantidades de potássio veiculadas nas concentrações de Spirufert® não promoveram resposta significativa para os teores de 'K' na massa seca das folhas de alface, onde os valores variaram de 20,09 a 22,74 dag kg⁻¹ (Figura 9C). Por ser requerido em grande quantidade pelas plantas, a deficiência de potássio reduz a atividade fotossintética das plantas, pois este elemento é reconhecidamente um grande ativador enzimático, como consequência, há diminuição dos valores de massa fresca do vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013; SANTOS et al., 2010). O potássio, é importante para as características de MFPA e NF, favorece a formação e translocação dos carboidratos e o uso da água pelas plantas, por participar das propriedades osmóticas, abertura e fechamento dos estômatos, fotossíntese, ativação enzimática e da síntese de proteínas, estimulando o aproveitamento de nitrogênio, possibilitando que sua absorção, assimilação e nutrição promovam produtividade (FAQUIN; ANDRADE, 2004; FILGUEIRA, 2012; VIANA; KIEHL, 2010).

Ao avaliar o efeito de concentrações de biofertilizante à base de urina de vaca (0,00; 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; e 1,25 %), aplicada via foliar ou solo sobre o crescimento e os teores de 'K' na massa seca de folhas de alface em cultivo orgânico, Oliveira et al. (2010), obtiveram teor médio para K de 5,61 e 5,48 dag kg⁻¹, para as vias de aplicação, médias superiores ao encontrado neste experimento. Provavelmente, houve uma maior absorção do potássio pelas plantas de alface que receberam Spirufert®, e possivelmente, uma absorção via radicular deste nutriente, o que proporcionou um valor maior valor nesse experimento em relação ao verificado por Oliveira et al. (2010), no entanto, no presente estudo, não foram constatadas diferenças significativas entre as doses de potássio, demonstrando que as aplicações crescente do Spirufert® não influenciaram a resposta das plantas nestes aspectos, bem como, não incrementaram as características de produção. Conforme Boaretto et al. (2009), a exigência da alface pelo potássio é superior ao próprio nitrogênio, os níveis foliares de potássio em plantas de alface, é de 50 a 80 g kg⁻¹ (TRANI; RAIJ, 1997). Os níveis observados neste experimento estão abaixo do preconizado para a cultura.

A aplicação do fertilizante não elevou os teores de 'Na', na massa foliar da alface, os valores alcançados variaram de 422,66 a 490,33 dag kg⁻¹ (Figura 9D). O Na é absorvido ativamente como Na⁺, e nas plantas, de modo geral, favorece a absorção de K⁺, especialmente quando em presença de baixas concentrações deste. Como o Na em concentrações mais altas, normalmente, tende a acumular-se no vacúolo, pode-se esperar que substitua o K vacuolar

quando o suprimento desse é limitado; desta maneira, substituiria o K em sua contribuição ao potencial de soluto e, conseqüentemente, na geração do turgor celular (MALAVOLTA, 1997).

De acordo com Filgueira (2012), a temperatura ideal para a produção de alface é de 20 a 25°C, contudo, observando a Figura 2, os dados meteorológicos obtidos durante a condução deste experimento, indicam que a temperatura média e umidade relativa do ar, estiveram acima da considerada adequada para um bom desenvolvimento da cultura, o que provavelmente afetou os processos fisiológicos da planta, bem como, absorção dos nutrientes vinculados nas soluções do fertilizante foliar orgânico (Spirufert®). Conforme Taiz & Zieger (2013), a temperatura é um fator preponderante que pode afetar as reações químicas de fotossíntese, como, a integridade de membranas em cloroplastos (FAQUIN & ANDRADE, 2004).

Ainda, é possível supor que a ausência de resposta satisfatória, quanto aos níveis de nutrientes, presentes na massa seca das folhas de alface, bem como, as características fisiológicas e de produção às concentrações de Spirufert®, se deva, possivelmente, a precipitação ocorrida no início do experimento, logo após o transplântio das mudas, durante as primeiras aplicações, o que provocou uma lavagem do fertilizante, desfavorecendo o desempenho da cultura.

4.3 Análises fisiológicas

4.3.1 Trocas gasosas

Na Tabela 9 é apresentado o resumo da análise de variância para concentração interna de carbono (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$), na qual verifica-se que os tratamentos não influenciaram significativamente as características avaliadas.

Tabela 9. Resumo da análise de variâncias das variáveis, concentração interna de CO₂ (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs) e taxa de assimilação de CO₂ (A) em alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert®. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		Ci	E	gs	A
Tratamento	5	1110,911111 ^{ns}	0,252024 ^{ns}	0,002124 ^{ns}	8,520872 ^{ns}
Bloco	5	1683,777778 ^{ns}	4,082664 ^{**}	0,011664 [*]	19,55289 [*]
Erro	25	1174,351111	0,374798	0,003379	5,188722
CV (%)		14,03	22,27	23,05	16,23
Média geral		244,22	2,74	0,25	14,03

^{**} significativo a 1%; ^{*} significativo a 5%; ^{ns} não significativo a 5%, pelo teste ‘F’; CV- coeficiente de variação.

A fotossíntese, a transpiração, a condutância estomática e a concentração intercelular de CO₂ são parâmetros correlacionados e que servem para diagnosticar alterações fisiológicas nas plantas quando submetidas a condições adversas como a baixa e a elevada quantidade de nutrientes (SILVA, 2010).

A partir do comportamento das médias apresentadas na Figura 10A, pode-se observar que a concentração interna de CO₂, medida aos 38 DAT nas plantas cultivadas com o biofertilizante a base de *Spirulina platensis*, não apresentaram diferença entre os tratamentos avaliados, onde os valores médios variaram de 218,33 a 255,16 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, o que é normal para plantas C₃. Provavelmente, devido ao fechamento de estômatos, nas altas temperaturas, o dificultando a absorção de CO₂ e do fertilizante, que poderia disponibilizar nutrientes, como por exemplo, o nitrogênio, fundamentais para o processo de fotossíntese dos vegetais.

Ainda na Figura 10B, é possível observar os valores de transpiração das plantas de alface, em função dos tratamentos aplicados, onde não se observou variações significativas, independentemente da concentração aplicada, encontrando-se valores médios entre 2,85 a 3,15 mmol de H₂O m⁻²s⁻¹. De acordo com Gonçalves et al. (2010), existe uma relação direta entre transpiração e condutância estomática, tendo em vista que há diminuição do fluxo de vapor d’água para a atmosfera e, conseqüentemente, da transpiração, na medida em que em se fecham os estômatos. Sabendo que a alface é uma planta C₃, onde se desenvolve bem em condições de clima ameno, possivelmente, ocorreu o fechamento dos estômatos pelas plantas, para evitar a perda de água, podendo ser entendido, como um mecanismo de defesa e sobrevivência às intempéries ambientais, principalmente, em alta radiação e luminosidade, o que dificultou à absorção do Spirufert®, e como consequência, não proporcionou rendimentos satisfatórios à cultura. Confirmado pelos estudos feitos por Baliza et al. (2012), ao relatarem que em condições adversas, os estômatos permanecem abertos durante um tempo menor para

captar a mesma quantidade de CO₂, a fim de que ocorra a mínima perda de água pela transpiração.

De acordo com os dados apresentados na Figura 10C, o fertilizante não propiciou resultados expressivos para condutância estomática, evidenciando que não houve ação positiva desse insumo. As médias observadas variam de 0,235 a 0,816 mol de H₂O m⁻²s⁻¹. A condutância estomática é uma variável chave para predizer o uso da água e a fotossíntese líquida, sendo controlada pela turbidez das células guardas, que regulam a abertura ou fechamento dos estômatos, sendo a intensidade luminosa e a disponibilidade de 'K' um dos principais fatores responsáveis por este processo (BATISTA, 2011; SCHOCK, 2012). De acordo com Nascimento (2009), os valores de *C_i* aumentam com o acréscimo de *g_s*. A limitação estomática seria o principal fator para a restrição do desempenho fisiológico, uma vez que, quanto maior a abertura dos estômatos, maior difusão de CO₂. Segundo Souza et al. (2010) esse fechamento bloqueia o fluxo de CO₂ para as folhas afetando o acúmulo de fotoassimilados, o que pode reduzir a produtividade.

Monteiro et al. (2014), ao observarem as trocas gasosas na cultura do morango fertirrigada com doses crescentes de biofertilizante bovino (0,25; 0,5; 0,75; 1,0 e 1,25 L planta⁻¹) sob diferentes ambientes de cultivo (pleno sol sem nebulização, pleno sol com nebulização e estufa telada), constataram que a condutância estomática atingiu um valor máximo de 0,33 mmol m⁻² s⁻¹, com uma dose de biofertilizante bovino de 612,62 mL semana⁻¹ planta⁻¹, porém, o aumento das doses do biofertilizante, favoreceu uma redução no fechamento estomático, decorrente da concentração de sais presente no insumo. Possivelmente, esse acréscimo deve-se aos teores de nutrientes, disponíveis no biofertilizante, especialmente o K, que participa do processo de abertura e fechamento dos estômatos. Fato que não foi verificado neste experimento.

Viana et al. (2013), ao avaliarem as trocas gasosas em meloeiro em função da aplicação de doses (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 L semana⁻¹) e tipos de biofertilizantes (misto e simples), verificaram que as doses de 1,5 e 2,0 L planta⁻¹ semana⁻¹ do biofertilizante simples promoveram maior condutância estomática em folhas em relação ao biofertilizante misto, acreditando-se que este resultado esteja relacionado ao suprimento nutricional que o biofertilizante favoreceu a planta.

Ao analisar o efeito das diferentes concentrações do fertilizante, sobre os valores de fotossíntese da alface (Figura 10D), observa-se que a cultura não respondeu as aplicações das diferentes concentrações do fertilizante, onde os valores alcançados variam de 12,7 a 15,648

$\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, valor normal para plantas C_3 . Concordando com os valores de NF, que também não apresentaram diferença significativa, em função das aplicações do Spirufert®. Possivelmente, o teor de nitrogênio que o produto possui em sua composição, não supriu as necessidades das plantas, uma vez que a capacidade fotossintética das plantas depende da disponibilidade deste nutriente, que é necessário para garantir à integridade estrutural e funcional da fotossíntese, por fazer parte das proteínas e da clorofila. A carência do nitrogênio promove a diminuição na síntese de clorofila, o que reflete diretamente no desenvolvimento e rendimento da cultura. De acordo com Larcher (2006), a influência do estado nutricional da planta sobre as trocas gasosas, especialmente, a fotossíntese, ocorre de muitas maneiras, sendo que quase sempre as maiores taxas fotossintéticas são alcançadas por meio de adubação, o que não se verificou neste experimento, ou seja, as aplicações do Spirufert® não promoveram maiores taxas fotossintéticas. Outro fator que pode ter contribuído, provavelmente seria, o fechamento dos estômatos, em virtude da temperatura local, o que não promoveu a absorção do fertilizante, de forma esperada, comprometendo o processo de fotossíntese das plantas de alface.

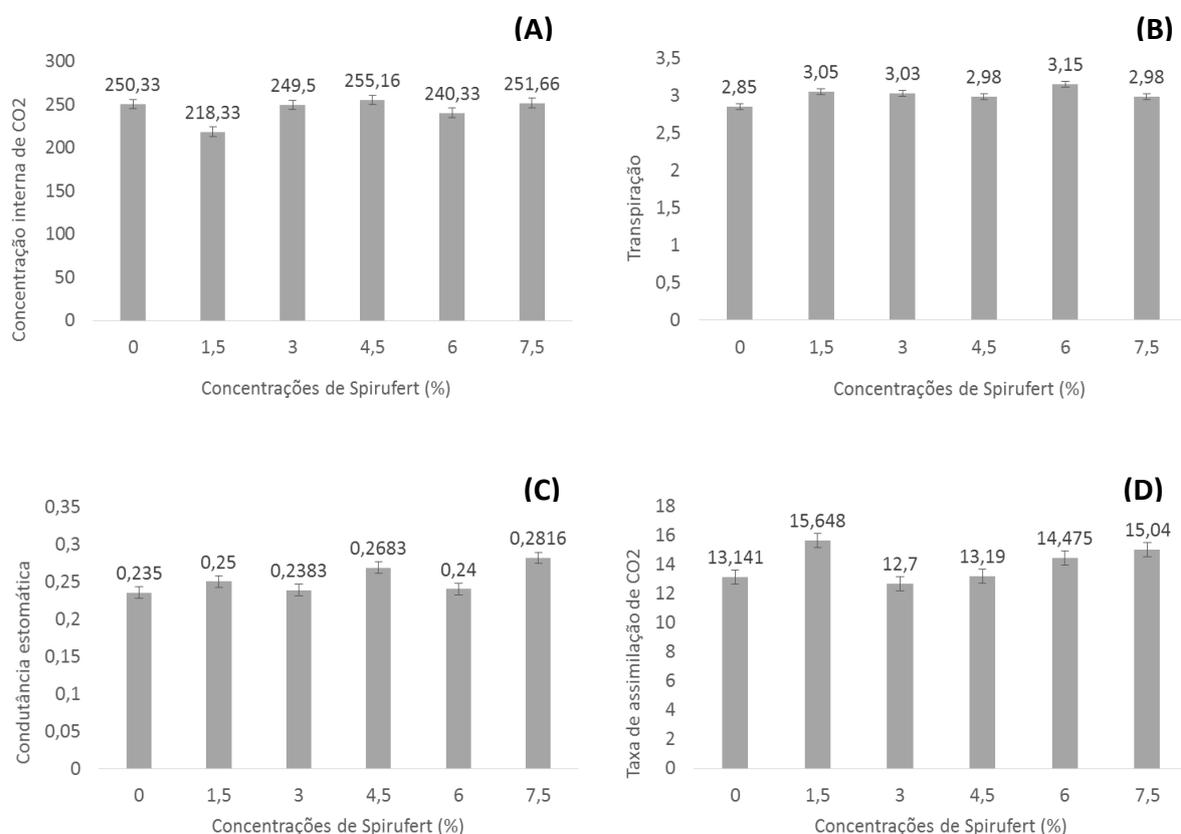


Figura 10. Concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) (A), transpiração (E) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) (B), condutância estomática (g_s) ($\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) (C) e taxa de assimilação de CO_2 (A) ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) (D), em folhas de alface cv. ‘Elba’, pulverizadas com diferentes concentrações de Spirufert®, durante o cultivo. Pombal-PB, 2015.

Ao analisar o comportamento da fotossíntese em folhas de morangueiro, Monteiro et al. (2014) verificaram que houve aumento linear nas plantas cultivadas a pleno sol com sistema de nebulização, justificando que este acréscimo pode estar relacionado com o fornecimento de nutrientes proporcionado pela maior atividade microbiana presente no insumo orgânico. Porém, constataram redução na fotossíntese das plantas cultivadas em pleno sol sem sistema de nebulização, relacionado à variação de temperatura.

Neste trabalho, pode-se hipotetizar que a ausência de resposta, quanto às trocas gasosas avaliadas neste experimento, esteja relacionada ao estado nutricional das plantas de alface, cv. 'Elba', bem como, as condições edafoclimáticas, as quais foram submetidas, durante o cultivo, e ainda, possivelmente, a salinidade que ocasionou um fechamento parcial dos estômatos, decorrente da concentração de sais presente no biofertilizante, o que não favoreceu ação positiva nas características de produção.

4.4 Qualidade pós-colheita

Na Tabela 10 encontra-se o resumo da análise de variância para as variáveis sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), relação SS/AT e vitamina C das plantas de alface tratadas com diferentes concentrações de Spirufert® em campo, avaliadas no dia da colheita e após 24h de permanência em prateleira a 26 °C. Verifica-se que houve interação significativa dos fatores concentrações de Spirufert® e tempo de avaliações, ao nível de 1% de probabilidade para as variáveis SS, AT e relação SS/AT, e a 5% de probabilidade para a vitamina C, não se constatando efeito significativo para o pH.

Tabela 10. Resumo de análise de variância das variáveis, sólidos solúveis (SS), pH, acidez titulável (AT), relação SS/AT e vitamina C (Vit C), em alface cv. 'Elba', pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert® avaliada por ocasião da colheita e após 24h de armazenamento sob prateleira a 26°C. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio				
		SS	pH	AT	SS/AT	Vit C
Spirufert® (S)	5	1,222222 ^{ns}	0,155556 ^{ns}	0,005766 ^{ns}	401,812942 ^{ns}	0,191449 ^{ns}
Erro (S)	5	1,222222	0,155556	0,005766	401,812942	0,191449
Tempo (A)	1	4,500000 ^{**}	0,222222 ^{ns}	0,338390 ^{**}	18527,804168 ^{**}	4,743200 ^{**}
S x A	5	0,700000 ^{**}	0,122222 ^{ns}	0,010525 ^{**}	254,628085 ^{**}	0,587253 [*]
Erro	55	0,040404	0,137374	0,000846	2,760281	0,135129
CV (S, %)		33,73	6,54	50,34	66,41	7,63
CV (A, %)		6,13	6,15	19,28	5,50	6,41
Média geral		3,27	6,02	0,150	30,18	5,73

^{**} significativo a 1%; ^{*} significativo a 5%; ^{ns} não significativo a 5%, pelo teste 'F'; CV- coeficiente de variação.

No dia da colheita, verificou-se maior média de SS na dose 4,5% de Spirufert®, na ordem de 4,16%, que não diferiu quanto a esta variável nas doses 0% ou 3% do produto. O aumento na concentração do adubo foliar para 6,0% ou 7,5% proporcionou redução nos SS, sendo menor na dose 7,5% de Spirufert®, 2,83%. Após 24 h, constatou-se redução nas médias dos SS, em relação ao dia da colheita, com exceção da dose 7,5% do produto, que manteve-se com 2,83% de SS, a mesma média registrada no dia colheita (Tabela 11). Essa redução, provavelmente, sinal de senescência das plantas, onde o substrato estava sendo gasto na respiração.

Os valores encontrados neste trabalho estão de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), onde relatam que para hortaliças, os valores de sólidos solúveis variam de 2 a 5%. Ainda consideram que os sólidos solúveis do suco da alface, na sua maioria, são constituídos por açúcares. De acordo com Silva et al. (2011) trabalhando com alface, afirmam que quanto maior o teor de sólidos solúveis da alface recém-colhida, maior o período em que sua qualidade pode ser preservada, muito embora esta não seja uma característica de qualidade para alface, pois o consumidor não espera saborear uma alface adocicada, ao contrário da expectativa de saborear uma fruta típica de sobremesa, por exemplo.

Analisando-se a Tabela 11, nota-se que no dia da colheita, a concentração de 3,0% do fertilizante foliar proporcionou maior AT 0,148 mg 100g⁻¹, diferido das demais concentrações. Após 24h, houve um aumento significativo na AT em todos os tratamentos, sendo este maior nas alfaces tratadas com as concentrações de 6,0% e 7,5% do produto. Provavelmente, pela geração de radicais (ácidos galacturônicos) a partir da hidrólise dos constituintes da parede celular, em especial, as pectinas (SEENTER et al., 1991).

Tabela 11. Sólidos solúveis e acidez titulável em alface cv. ‘Elba’, submetida a diferentes concentrações foliares de Spirufert® aplicados durante o cultivo em campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Concentrações de Spirufert®	SS (%)		AT (mg.100g ⁻¹ ácido cítrico)	
	Dia da colheita	24 h após a colheita	Dia da colheita	24 h após a colheita
0%	3,83 a A	3,33 a B	0,069 b B	0,183 c A
1,5%	3,16 b A	3,00 ab A	0,069 b B	0,194 c A
3,0%	4,00 a A	3,00 ab B	0,148 a B	0,194 c A
4,5%	4,16 a A	3,00 ab B	0,069 b B	0,206 bc A
6,0%	3,16 b A	3,00 ab A	0,069 b B	0,252 ab A
7,5%	2,83 b A	2,83 b A	0,069 b B	0,286 a A
Eq. de regressão	Sem ajuste	Sem ajuste	Sem ajuste	Sem ajuste
R ²	---	---	---	---

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Ao estudar o pH das plantas de alface (Tabela 12), avaliadas no dia da colheita e 24h após a colheita, mantidas sob prateleira, não variaram em função dos tratamentos,

evidenciando que o produto utilizado não interferiu nessa característica. Provavelmente, devido à capacidade tamponante do suco de alface, o que não provocou alteração na acidez.

No dia da colheita, a relação SS/AT foi maior na dose 4,5% de Spirufert®, coincidindo com a concentração que proporcionou maior média nos SS (Tabela 12). Após 24 h, as maiores relações SS/AT foram reportadas nas concentrações 0%, 1,5% e 3,0% do produto, como reflexo das doses que proporcionaram menores AT, neste período. Este comportamento demonstra que as aplicações do fertilizante, nessas concentrações, promove o sabor agradável da alface com o passar do tempo, devido à maior presença de açúcares do que de ácidos.

Tabela 12. pH e relação SS/AT em alface cv. ‘Elba’, submetida a diferentes concentrações foliares de Spirufert® aplicados durante o cultivo em campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Concentrações de Spirufert®	pH		Relação SS/AT	
	Dia da colheita	24 h após a colheita	Dia da colheita	24 h após a colheita
0%	6,00 a A	5,83 a A	55,58 b A	17,87 a B
1,5%	6,50 a A	6,00 a B	45,38 c A	16,22 ab B
3,0%	6,00 a A	6,00 a A	33,93 e A	15,04 ab B
4,5%	6,00 a A	6,00 a A	59,95 a A	13,99 bc B
6,0%	6,00 a A	6,00 a A	44,90 c A	12,05 cd B
7,5%	6,00 a A	6,00 a A	37,62 d A	9,67 d B
Eq. de regressão	Sem ajuste	Sem ajuste	Sem ajuste	$Y = 19,603556 - 1,559667x$
R ²	---	---	---	0,9793

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Houve pouca variação na vitamina C das alfaces analisadas no dia da colheita (Tabela 13). Verificou-se que apenas as alfaces tratadas na dose 7,5% de Spirufert® tiveram menor vitamina C, porém, estatisticamente igual à dose 6,0%, mas diferindo significativamente das demais, que tiveram maior valor. Não houve diferença significativa na vitamina C em função dos tratamentos à base de Spirufert®, após 24h de armazenamento. No entanto, verifica-se uma redução na vitamina C, comparando-se a qualidade no dia da colheita e após 24h, nos tratamentos à base de Spirufert®, apenas com exceção da dose 7,5% do produto. O ácido ascórbico é um fator utilizado como indicador de degradação do produto, por ser extremamente instável e facilmente oxidado em contato com o meio ambiente devido à sensibilidade à interação com o oxigênio, isto torna o comportamento de redução do seu valor normal (NUNES et al., 2013).

Tabela 13. Vitamina C em alface cv. ‘Elba’, submetida a diferentes concentrações foliares de Spirufert® aplicados durante o cultivo em campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Concentrações de Spirufert®	Vitamina C (mg.100g ⁻¹ ácido ascórbico)	
	Dia da colheita	24 h após a colheita
0%	6,16 a A	5,57 a B
1,5%	6,16 a A	5,13 a B
3,0%	6,16 a A	5,57 a B
4,5%	6,16 a A	5,42 a B
6,0%	5,86 ab A	5,42 a B
7,5%	5,42 b A	5,72 a A
Eq. de regressão	Y=5,881333+0,291762x-0,060238x ²	
R ²	0,9613	---

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na Tabela 14 encontram-se os resumos da análise de variância para a clorofila ‘a’, clorofila ‘b’, clorofila total e proteína e, pode-se observar efeito significativo entre as concentrações de Spirufert® e as épocas de avaliação para as variáveis clorofila ‘a’, clorofila ‘b’ e clorofila total. Para proteína, não se constatou efeito significativo, aos níveis de 1% ou 5% de probabilidade.

Tabela 14. Resumo de análise de variância das variáveis, clorofila ‘a’, clorofila ‘b’, clorofila total e proteína, em alface cv. ‘Elba’, pulverizada durante o cultivo com diferentes concentrações de Spirufert® avaliada por ocasião da colheita e após 24h de armazenamento sob prateleira a 26°C. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Fontes de Variação	GL	Quadrado médio			
		Clorofila ‘a’	Clorofila ‘b’	Clorofila total	Proteína ¹
Spirufert® (S)	5	982,281501 ^{ns}	2307,522245 ^{ns}	10465,300767 ^{ns}	0,256862 ^{ns}
Erro (S)	5	982,281501	2307,522245	10465,300767	0,256862
Tempo (A)	1	103710,519613 ^{**}	1832,444901 ^{ns}	27828,336806 ^{**}	0,766735 ^{**}
S x A	5	5994,356579 [*]	3957,872105 ^{**}	6341,983992 ^{**}	0,104765 ^{ns}
Erro	55	2387,947157	536,317856	887,553348	0,098913
CV (S, %)		19,71	87,65	50,03	32,88
CV (A, %)		30,73	42,25	14,57	20,41
Média geral		159,01	54,80	204,46	1,54

^{**} significativo a 1%; ^{*} significativo a 5%; ^{ns} não significativo a 5%, pelo teste ‘F’; CV- coeficiente de variação.

¹Análise realizada apenas por ocasião da colheita.

Na Tabela 15 encontram-se os valores de clorofila total. Reporta-se que no dia da colheita, os maiores valores foram registrados nas concentrações iguais ou maiores a 3% de Spirufert®. Após 24h de armazenamento, verifica-se aumento nas médias desta variável, em todas as concentrações testadas, com exceção de 7%. Estes resultados diferem de alguns autores, a exemplo de Morais et al. (2011) trabalhando com alface ‘Olinda’, tipo crespa, observaram variação no teor de clorofila total de 493,7 mg 100g⁻¹ no dia da colheita para 387,7 mg 100g⁻¹ ao final de quatro dias de conservação, valores superiores ao encontrado neste experimento. Ao avaliar duas cultivares de alface, Verônica (crespa) e Quatro Estações

(roxa), Sarmiento et al. (2014) não observaram diferença significativa entre os teores de clorofila no dia da colheita e após os três dias de conservação.

Tabela 15. Clorofila total em alface cv. ‘Elba’, submetida a diferentes concentrações foliares de Spirufert® aplicados durante o cultivo em campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Concentrações de Spirufert®	Clorofila total (g m ⁻²)	
	Dia da colheita	24 h após a colheita
0%	163,77 bc B	221,71 bc A
1,5%	114,15 c B	212,14 bc A
3,0%	183,64 ab A	191,71 c A
4,5%	193,51 ab B	244,33 ab A
6,0%	220,17 a B	275,53 a A
7,5%	233,54 a A	199,29 bc A
Eq. de regressão	Y=117,121111+19,3373x	Sem ajuste
R ²	0,7161	---

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve diferença entre as concentrações de Spirufert® quanto à clorofila ‘a’ no dia da colheita ou após 24h de armazenamento, porém, verifica-se um aumento desta característica, comparando-se as médias dos tratamentos da primeira e segunda época de avaliação (Tabela 16), comportamento semelhante ao observado na clorofila total (Tabela 15). Fato que indica a preservação da coloração verde, com o armazenamento, especialmente nas alfaces tratadas com as concentrações de 4,5 e 6,0% do fertilizante foliar, onde se registraram os maiores valores de clorofila total, 244,33 e 275,53, respectivamente, após 24h de armazenamento.

A área foliar se correlaciona diretamente com a área da superfície fotossintetizante ativa. Ainda que, a área e a capacidade fotossintética das plantas de alface não tenham sido significativamente influenciadas, verificou-se acréscimo nos teores de clorofila, o qual poderia ser justificado, pelo teor de nitrogênio, fósforo, magnésio e enxofre presente no Spirufert®, elementos importantes para a síntese de clorofila. No entanto, os resultados obtidos, na análise foliar para os níveis de nutrientes, indicam que estes níveis, também não foram influenciados pelas aplicações crescentes do fertilizante, ainda que se tenha notado uma tendência de aumento, o que não justifica o acréscimo da concentração de clorofila total e clorofila ‘a’ das plantas de alface, avaliadas 24 horas após a colheita. Provavelmente, o aumento da clorofila total e clorofila ‘a’, durante o armazenamento das plantas, podem ser atribuídos por alguma atividade metabólica, que permitiu que ainda acontecessem reações da síntese de clorofilas. Ainda é possível supor que, os teores dessas substâncias, tenham variado em função do período de armazenamento, as quais foram dispostas. As clorofilas estão ligadas

à captação de energia para o metabolismo vegetal, desta forma, quanto maiores os seus teores, maior será a atividade metabólica do vegetal; possivelmente, a luz fornecida durante o período, as quais estiveram armazenadas, pode ter influenciado no aumento das clorofilas, uma vez que a quantidade e a integridade dos pigmentos fotossintéticos podem variar de acordo com a espécie, luminosidade, temperatura, dentre outros fatores, levando a aumentar ou retardar a degradação da clorofila. Também é possível supor que, o percentual de clorofilas, ainda que não elevadas, contidos na biomassa da *Spirulina platensis*, pode ter contribuído para o aumento das clorofilas total e ‘a’ das plantas de alface.

No dia da colheita, verificou-se que os maiores teores de clorofila ‘b’, aconteceu nas concentrações a partir de 4,5% de Spirufert® (Tabela 16), em concordância ao resultado reportado para a clorofila total. Contrariamente ao observado na clorofila ‘a’, a clorofila ‘b’ teve tendência a redução após 24h de armazenamento, conforme o aumento nas doses Spirufert®, em alguns tratamentos. Vale ressaltar que, a clorofila é um parâmetro importante para a qualidade da alface, pois os níveis de clorofila *a* e *b* estão diretamente relacionados à coloração verde. Nota-se, que houve uma degradação natural da clorofila ‘b’, com o aumento das concentrações de Spirufert®.

Tabela 16. Clorofila ‘a’ e clorofila ‘b’ (g m^{-2}) em alface cv. ‘Elba’, submetida a diferentes concentrações foliares de Spirufert® aplicados durante o cultivo em campo. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Concentrações de Spirufert®	Clorofila ‘a’ (g m^{-2})		Clorofila ‘b’ (g m^{-2})	
	Dia da colheita	24 h após a colheita	Dia da colheita	24 h após a colheita
0%	144,57 a A	200,23 a A	33,24 c A	55,02 a A
1,5%	92,59 a B	231,13 a A	21,62 c B	56,87 a A
3,0%	144,09 a A	185,81 a A	41,47 bc A	46,30 a A
4,5%	98,21 a B	197,40 a A	79,26 ab A	47,05 a B
6,0%	102,03 a B	203,73 a A	85,99 a A	54,36 a B
7,5%	144,85 a A	163,48 a A	97,50 a A	38,94 a B
Eq. de regressão	Sem ajuste	Sem ajuste	$Y=4,630333+15,777524x$	Sem ajuste
R ²	---	---	0,8738	---

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve diferença no teor de proteínas, com o aumento nas concentrações de Spirufert®, em média registrou-se 1,34% (Tabela 17). Os resultados obtidos revelam que os níveis de nitrogênio presentes nas diferentes concentrações do Spirufert®, não resultaram uma maior elevação do valor proteico, entretanto, a média do teor de proteína da alface se encontra de acordo ao preconizado na literatura para alface “*in natura*”, a qual cita um teor médio de proteína de 1,3 % (OHSE et al., 2001). Comportamento também verificado na

análise foliar para os níveis de nutrientes, ou seja, os níveis de nitrogênio, também não foram influenciados pelas aplicações crescentes do fertilizante, o que justifica os resultados obtidos em relação ao teor de proteínas das plantas de alface cv. ‘Elba’.

Tabela 17. Proteína (%) em alface cv. ‘Elba’, submetida a diferentes concentrações foliares de Spirufert® aplicados durante o cultivo em campo e avaliada no dia da colheita. UFCG, Pombal-PB, 2015.

Concentrações de Spirufert®	Proteína (%)
0%	1,38 a
1,5%	1,43 a
3,0%	1,41 a
4,5%	1,29 a
6,0%	1,56 a
7,5%	1,55 a
Eq. de regressão	Sem ajuste
R ²	---

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

5 CONCLUSÕES

1) As concentrações de Spirufert® testadas não alteram as características de crescimento e produtividade da alface.

2) As concentrações de Spirufert® testadas não alteram o teor de N, P, K e Na, fotossíntese, concentração interna de CO₂ e condutância estomática da parte aérea da alface.

3) Há efeito entre as concentrações de Spirufert® e as épocas de avaliação, entre o dia da colheita e 24h após, para a maioria das variáveis de qualidade em estudo, na cultura da alface.

4) O uso de Spirufert® até 4,5% proporciona melhoria na qualidade pós-colheita da alface cv. 'Elba'.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação da eficiência de microalgas como fertilizantes, nos aspectos de produção e qualidade dos produtos, merece atenção dos pesquisadores, visto que, carece de respaldo técnico-científico. Nesta pesquisa, observou-se que, as concentrações do fertilizante não interferiram nas características de produção, teores foliares de nutrientes e trocas gasosas das plantas de alface, cv. 'Elba'. Ainda, os resultados apontam interação, entre as épocas de avaliação e concentrações do fertilizante, para a maioria das variáveis de qualidade pós-colheita. É importante destacar que, nas condições em que o experimento foi realizado, algumas intempéries existiram, portanto, faz-se necessário estudar a efetiva eficiência dos nutrientes contidos à calda oriunda deste fertilizante, e as concentrações que são mais eficientes.

Considerando a falta de pesquisas científicas, os resultados do presente trabalho, podem constituir-se em um referencial para novos estudos, visando elucidar a influência do Spirufert®, na cultura da alface, bem como em outras olerícolas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, W. M.; BETTONI, M. M.; MÓGOR, Á. F. Aplicação foliar de extrato de alga e sulfato de cobre em alface no sistema orgânico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA (CBO). 48., Maringá, 2008. **Anais**. Maringá, Associação Brasileira de Horticultura, 2008. CD-ROM.

ÁLVARES, V. S. et al. Effect of pre-cooling on the postharvest of parsley leaves. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v.5, n.2, p.31-34, abr. 2007.

ANDRADE FILHO, F. C. **Bicultivo de folhosas consorciadas com beterraba em função de adubação com flor-de-seda e densidades populacionais**. UFERSA, 2012. 94p. Tese (Doutorado). Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN.

ANDRADE, J. W. S. et al. Utilização de diferentes filmes plásticos como cobertura de abrigos para cultivo protegido. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.33, n.3, p.437-443, jul./set. 2011.

ANDRADE, M. R.; COSTA, J. A. V. Cultivo da microalga *Spirulina platensis* em fontes alternativas de nutrientes. **Ciências Agrotécnica**, Lavras, v. 32, n. 5, p.1551-1556, set./out. 2008.

ANDRADE, M. R.; COSTA, J. A. V. Cultivo da microalga *Spirulina platensis* em fontes alternativas de nutrientes. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.5, p.1551-1556, set./out. 2008.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of AOAC International. 16th ed. Gaithersburg: AOAC, 1997.

ARAÚJO, W. F. et al. **Resposta da alface a adubação nitrogenada**. Revista Agro@mbiente On-line, Boa Vista, v.5, n.1, p.12-17, jan./abril, 2011.

ARBOS, K A. **Qualidade sanitária e nutricional de hortícolas orgânicas**. UFPR, 2009. 161 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

ARBOS, K. A. et al. Segurança alimentar de hortaliças orgânicas: aspectos sanitários e nutricionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, p.215-220, mai. 2010.

ASHRAF, M.; HARRIS, P. J. C. Photosynthesis under stressful environments: An overview. **Photosynthetica**, v.51, n.2, p.163-190, jun. 2013.

AZEREDO, V. B. S. **Produção de biodiesel a partir do cultivo de microalgas: Estimativa de custos e perspectivas para o Brasil**. UFRJ, 2012. 171p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

BALIZA, D. P. et al. Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de Cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. **Coffee Science**, v. 7, n. 3, p. 250-258, set./dez. 2012.

BARDIVIESSO, D. M. et. al. Aplicação foliar de extrato de alga na cultura da batata. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA (CBO). 29., Viçosa, 2011. **Anais**. Viçosa, Associação Brasileira de Horticultura, 2011. CD-ROM.

BATISTA, T. M. V. **Fotossíntese e condutância estomática de tomate SM-16 e mariana cultivados com diferentes tipos de cobertura do solo**. UFERSA, 2011. 171p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido. Mossoró – RN.

BETTONI, M. M. et. al. Produção, classificação e perda de peso durante o armazenamento de cebola orgânica em função da aplicação foliar de extrato de algas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA (CBO). 28. Guarapari. 2010. **Anais**. Guarapari, Associação Brasileira de Horticultura, 2010. CD-ROM.

BETTONI, M. M. et. al. Tuberização de batata em função da aplicação de extrato de alga e cobre. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA (CBO). 26., Maringá. 2008. **Anais**. Maringá, Associação Brasileira de Horticultura, 2008. CD-ROM.

BIOCAMPO. **Alga Grow®**. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.biocampo.com.br>. Acesso em: 11 de Dezembro de 2014.

BLAT, S. F.; BRANCO, R. B. F.; TRANI, P. E. Desempenho de cultivares de alface em Ribeirão Preto (SP) no cultivo de primavera. **Pesquisa e Tecnologia**, São Paulo, v.8, n.105, p.0-9, dez. 2011.

BOARETTO, A. E. et. al. Amostragem, acondicionamento e preparação das amostras de plantas para análise química. In: SILVA, F. C. (Eds.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa /MAPA, 2009. p.59.

BOROWITZKA, M. A. Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters. **Journal Biotechnology**, v. 70, p. 313-321, abr.1999.

BOTREL, N. et. al. **Qualidade de tomates cultivados em sistema orgânico e armazenados em temperatura ambiente e refrigerada**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2010. 24 p.

BRIXNER, G. F. et. al. Caracterização fenológica e exigência térmica de videiras *Vitis vinifera*, cultivadas no município de Uruguaiana, na região da fronteira oeste RS. **Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.17, n.2, p.221-233, 2010.

BROETTO, D. et. al. Desenvolvimento e ocorrência de pérola-da-terra em Videiras rústicas e finas enxertadas sobre os porta-enxertos 'VR 043-43' e 'Paulsen 1103'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n.1, p.404-410, out. 2011.

CARVALHO, M. E. A.; CASTRO, P. R. C. **Série Produtor Rural: Extratos de algas e suas aplicações na agricultura**. Piracicaba: USP/ESALQ/DIBD, 2014.

CAVALLARO JÚNIOR, M. L. et al. Produtividade de rúcula e tomate em função da adubação N e P orgânica e mineral. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.2, p.347-356, 2009.

CEAGESP. **Alface**. 2013. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br>. Acesso em: 16 de janeiro de 2014.

CECATO, A.; MOREIRA, G. C. Aplicação de extrato de algas em alface. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v.6, n.2, p. 89-96, 2013.

CECÍLIO FILHO, A. B.; PEIXOTO, F. C. Acúmulo e exportação de nutrientes em cenoura 'Forto'. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.26, n.1, p. 64-70, jan./mar. 2013.

CERQUEIRA, T. S. et al. Recobrimento de goiabas com filmes protéicos e quitosana. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.1, p.216-221, jan./abr. 2011.

CHICONATO, D. A. et al. Resposta da alface à aplicação de biofertilizante sob dois níveis de irrigação. **Biosci. Journal**, Uberlândia, v.29, n.2, p.392-399, mar./abr. 2013.

CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. **Biotechnology Advances**, v.25, n.3, p. 294-306, Fev. 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras. Ed. UFLA, 2005.

COELHO, C. C. S. et. al. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: Uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.19, n.4, p.369-375, 2015.

COSTA, E.; SANTOS, LÉIA, C. R.; VIEIRA, L. C. R. Produção de mudas de mamoeiro utilizando diferentes substratos, ambientes de cultivo e recipientes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.528-537, out./dez. 2009.

CRAIGIE, J. S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.23, p. 371-393, jun. 2011.

CRUZ, T. P. et al. Avaliação de cultivares de alface no município de Alegre - ES. In: ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., Urbanova, 2011, Anais. Urbanova, 2011.

MAGRO, C. D. et. al. Biossorção passiva de cromo (VI) através da microalga *Spirulina platensis*. **Química Nova**, São Paulo, v.36, n.8, 2013.

DERNER, R. B. **Efeito de fontes de carbono no crescimento e na composição bioquímica das microalgas *Chaetoceros muelleri* e *Thalassiosira fluviatilis*, com ênfase no teor de ácidos graxos poli-insaturados**, UFSC, 2006. 140p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

DERNER, R. B. et al. Microalgas, Produtos e Aplicações. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p.1959-1967, nov./dez. 2006.

DIAMANTE, M. S. et al. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 133-140, jan./mar. 2013.

EL-OTMANI, M. et. al. **Plant growth regulators in citriculture: world current uses**. Boca Raton: Critical Reviews in Plant Science, 2000.

EMPASA - Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas. 2011. **Oferta, origem e cotação de preços**. Disponível em: <http://www.empasa.pb.gov.br>. Acesso em 12 de janeiro de 2015.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas**. Londrina: Planta, 2006, 401p.

FAOSTAT. **Production**. 2015. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso:18 de abril 2015.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional das hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88p.

FERRAZ, R. L. S. et. al. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.42, n.2, p.181-188, abr./jun. 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2012. 421 p.

FONTES, P. C. R. 2014. Nutrição mineral de hortaliças: horizontes e desafios para um agrônomo. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.32, n.3, jul./set. 2014.

FRANCO, A. L. C. et al. Biodiesel de microalgas: avanços e desafios. **Química Nova**, São Paulo, v.36, n.3, 2013.

FREITAS-SILVA, O.; SOUZA, A. M.; OLIVEIRA, E. M. M. **Potencial da ozonização no controle de fitopatógenos em pós-colheita**. In: LUZ, W. C. (Eds). Revisão anual de patologia de plantas. Passo Fundo: Padre Berthier dos Missionários da Sagrada Família, 2013, p.96-130.

GODOY, R. C. B.; OLIVEIRA, M. I. **Agrotóxicos no Brasil: Processo de registro, Riscos à saúde e Programas de monitoramento**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2004.

GONÇALVES, E. R. et al. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.4, p.378-386, 2010.

GRANGEIRO, L. C. et al. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n.2, p. 190-194, 2006.

GRANT, C.A. et al. **A importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Informações Agronômicas 95, 4 p., 2001.

HARUN, R. et. al. Bioprocess engineering of microalgae to produce a variety of consumer products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, n.3, p.1037-1047, abr. 2010.

HENRIKSON, R. **Microalga *Spirulina***: Superalimento del futuro. Barcelona: Urano, 1994. 220p.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. **Tipos de Alface Cultivados no Brasil**. Brasília: Embrapa Hortaliças. Circular Técnica 75, 07p. 2009.

HOLLOWAY, T.; FIORE, M. G. H. Intercontinental Transport of Air Pollution: Will emerging science lead to a new hemispheric treaty?. **Environmental Science & Technology**, v.37, n.20, p. 4535 - 4542, 2003.

HONÓRIO, J. P. et al. Efeito da adubação orgânica no teor de umidade, pH e acidez total titulável em cultivo de alface. In: Seminário de iniciação científica do IFTM (SIN). Uberaba. 2010. **Anais**. Uberaba, 2010. CD-ROM.

INAGAKI, A. M. et al. Identificação, mapeamento e comercialização de alface em Cáceres, Mato Grosso - Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA (CBO). 29, Viçosa, 2011. **Anais**. Viçosa, Associação Brasileira de Horticultura, 2011. CD-ROM.

JORNAL TAMANDUÁ. **Fazenda Tamanduá: Inovação na produção e processamento da *Spirulina platensis***. Patos-PB, 2011. Disponível em: <http://www.fazendatamandua.com.br>. Acesso: 12 de fevereiro de 2015.

JORQUERA, O. et al.. Comparative energy life-cycle analyses of microalgal biomass production in open ponds and photobioreactors. **Bioresource technology**, v.101, n.4, p.1406-1413, fev. 2010.

KHAN, W. et al. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. **Journal of Plant Growth Regulation**, New York, v. 28, p. 386-399, dez. 2009.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos. 2006, 550p.

LEMOS, O. L. et al. Conservação do pimentão ‘Magali R’ em duas condições de armazenamento associada à atmosfera modificada. **Magistra**, Cruz das Almas, v.20, n.1, p.06-15, jan./mar. 2008.

LIMA, E.; MASINI, J. Caracterização ácido-base da superfície de espécies mistas da alga *Spirulina* através de titulação potenciométrica e modelo de distribuição de sítios discretos. **Química Nova**, São Paulo, v.22, n.5, set./out. 1999.

LIMBERGER, P. A.; GHELLER, J. A. Efeito da aplicação foliar de extrato de algas, aminoácidos e nutrientes via foliar na produtividade e qualidade de alface crespa. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.1, n.1, p.148-161, out. 2012.

LOLA-LUZ, T. et al. Enhancement of phenolic and flavonoid compounds in cabbage (*Brassica oleracea*) following application of commercial seaweed extracts of the brown seaweed (*Ascophyllum nodosum*). **Agricultural and Food Science**, Jokioinen, v. 22, n.2, p. 288-295, 2013.

LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; REIS, A. **Doenças da alface**. Embrapa Hortaliças: Brasília, p.5, 2010.

LOURENÇO, S. O. **Variação da Composição Bioquímica de Microalgas Marinhas em Cultivos com Ênfase nos Efeitos da Disponibilidade do Elemento Nitrogênio**, USP, 1996. 164 p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, SP.

LÜDKE, I.; SOUZA, R. B.; RESENDE, F. V.; DELVICO, F. M. S.; MEIRELES, S. M.; BRAGA, D. O. Produção orgânica de alface americana fertirrigada com biofertilizantes em cultivo protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA (CBO). 49., Águas de Lindóia. 2009. **Anais**. Águas de Lindóia, Associação Brasileira de Horticultura, 2009. CD-ROM.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MALDONADE, I. R.; MATTOS, L. M.; MORETTI, C. L. **Manual de boas práticas na produção de Alface**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2014. 44p.

MANRICH, A. et al. Determinação da composição química da *Spirulina platensis*. In: WORKSHOP DA REDE DE NANOTECNOLOGIA APLICADA AO AGRONEGÓCIO, 8, Juiz de Fora, 2014, **Anais**. Juiz de Fora, Embrapa Gado de Corte, 2014. CNPDIA.

MAPA. **Instrução Normativa nº 64**. Brasília, 2008. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br>. Acesso em: 20 de janeiro de 2015.

MAPA. **Instrução Normativa nº 7**. Brasília, 1999. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br>. Acesso em: 19 de novembro de 2014.

MARTINS, D. A. **Uso de extratos à base de algas para controlar a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e a ferrugem (*Uromyces appendiculatus*) do feijoeiro**. UFSC, 2006. 41p. (Monografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

MARTINS, J. D. et al. Estimativa do filocrono em milho para híbridos com diferentes ciclos de desenvolvimento vegetativo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.5, p.777-783, mai. 2012.

MATA, T. M.; MARTINS, A. A.; CAETANO, N. S. 2010. Microalgae for biodiesel production and other applications: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, n.1, p.217-232.

MEDEIROS, D. C. et al. Qualidade de mudas de alface em função de substratos com e sem biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p.186-189, abr./jun 2008.

MEDEIROS, M. B; LOPES, J. S. Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola. **Bahia Agrícola**, v.7, n.3, nov. 2006

MEZZOMO, N. et al. Cultivation of microalgae *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*) from biological treatment of swine wastewater. **Ciência & Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 173-178, jan./mar. 2010.

MÓGOR, A. F. et al. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido L-glutâmico e cálcio em feijoeiro. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 431-437, 2008.

MONTEIRO, F. J. F. et. al. Fertirrigação com biofertilizante bovino na cultura do morango. In: II INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING. Fortaleza. 2014. **Anais**. Fortaleza, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCT-EI) e Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade (INCTSal), 2014.

MONTEIRO, M. P. C. et. al. Effect of Three Different Types of Culture Conditions on *Spirulina maxima* Growth. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 53, n. 2, p.369-373, mar./abr. 2010.

MORAES, I. V. M. **Dossiê técnico: cultivo de hortaliças**. Rio de Janeiro. 2006. Disponível em: http://www.alegresvegetarianos.com.br/arquivos/curso_cultivo_de_hortaliças.pdf. Acesso em: 28 de outubro de 2014.

MORAIS, A.; PINTO, P. **Boas Práticas para a Conservação de Produtos Hortofrutícolas**. AESB/USC, 2000. Disponível em: <http://www.esac.pt/noronha/manuais/boas%20praticas%20horto%20spiral.pdf>. Acesso em: 15 de abril de 2015.

MORAIS, P. L. D. et al. Qualidade pós-colheita da alface hidropônica em ambiente protegido sob malhas termorefloras e negra. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.5, p.407-410, set./out. 2011.

MOREIRA, G. C. et al. Diferentes épocas de aplicação da alga marinha *Ascophyllum nodosum* no desenvolvimento da alface. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA (CBO). 24. Goiânia. 2006. **Anais**. Associação Brasileira de Horticultura, 2006. CD-ROM.

MOTA, W. F. et al. Agronomic and economic viability of intercropping onion and lettuce. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 30, n.2, p. 349-354, abr./jun. 2012.

MULHOLLAND, B. J. et. Al. Impact of elevated atmospheric CO₂ and O₃ on gas exchange and chlorophyll content in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.48, n.315, p.1853-1863, out. 1997.

NASCIMENTO, J. L. **Crescimento e assimilação de carbono em plantas jovens de *Attalea funifera* Mart. submetidas ao sombreamento e ao estresse hídrico**, UESC, 2009. 110 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus – BA.

NORRIE, J. **Advances in the use of *Ascophyllum nodosum* seaplant extracts for crop production. Laboratory and Field Research**. Canada. 2008. Disponível em: <http://www.fluidfertilizer.com>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2014.

NUNES, C. J. S. et al. Qualidade e pós-colheita da rúcula orgânica armazenada sob refrigeração. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17; p. 2231, 2013.

NUNES, C. J. S. **Qualidade e pós-colheita da rúcula orgânica armazenada sob refrigeração**. UFAC, 2011. 56p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Acre, RIO BRANCO – AC.

OLIVEIRA, J.; MÓGOR, G.; MÓGOR, Á. Produtividade de beterraba em função da aplicação foliar de biofertilizante. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v.8, n.2, nov. 2013.

OLIVEIRA, L. A. A. et al. Uso do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 01-04, abr./jun. 2011.

OLIVEIRA, N. L. C. et al. Efeito da urina de vaca no estado nutricional da alface. **Revista Ceres**, Viçosa, v.57, n.4, p. 506-515, jul/agos. 2010.

OSHE, S. et al. Composição centesimal e teor de nitrato em cinco cultivares de alface produzidas sob cultivo hidropônico. **Scientia Agricola**, Campinas, v.68, n.2, p.407-414, 2009.
OSHE, S. et al. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.1, p.181-185, jan./mar 2001.

PENTEADO, S. R. **Adubação orgânica: Compostos Orgânicos e Biofertilizantes**. Campinas: Edição do autor, 2010. 160 p.

PEREIRA, M. A. B. et al. Uso de biofertilizante foliar em adubação de cobertura da alface cv. Verônica. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v.3, n.2, p.129-134, mai./ago. 2010.

PINTO, P. A. C. et al. Eficiência agronômica de extratos concentrados de algas marinhas na produção da alface em Neossolo Flúvico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA (CBO). 28, Guarapari, 2010. **Anais**. Viçosa, Associação Brasileira de Horticultura, 2010. CD-ROM.

PINTO, P. A. C. et al. Eficiência agronômica de extrato de algas *Ascophyllum nodosum* (Natural WSP) aplicado na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS), 30, Recife, 2005, **Anais**. Recife, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. CD-ROM.

RANGEL, C. O. **Influência da luz e da ureia no crescimento e conteúdo de clorofila da biomassa de *Spirulina platensis***, USP, 2000, 157p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas (USP), São Paulo, SP.

REETZ, E. R. et al. **Anuário brasileiro de hortaliças 2014**. Editora Gazeta Santa Cruz, 2014. 88p.

RESENDE, F. V. et al. **Cultivo de alface em sistema orgânico de produção**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2007. 16 p. Circular Técnica, 56.

RINALDI, M. M. **Perdas pós-colheita devem ser consideradas**. Planaltina, DF, 2011. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br>. Acesso em: 15 dez. 2014.

ROUSSOS, P. A. et al. Strawberry fruit quality Attributes after application of plant growth stimulating compounds. **Scientia Horticulturae**, v.119, n.2, p.138-146, jan. 2009.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.30, n.2, p.187-194, abr./jun.2012.

SANTOS, A. J. et al. Efeito da aplicação foliar de biofertilizante na cultura da alface crespa veneranda (*Lactuca sativa* L.). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

SANTOS, A. P. G. **Influências de biofertilizantes nos teores foliares de macronutrientes, nas trocas gasosas, na produtividade e na pós-colheita da cultura do melão**. UFC, 2012. 94p. Dissertação (mestrado) – UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, UFC, Fortaleza, CE.

SANTOS, D. et al. Produção comercial de cultivares de alface em Bananeiras. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p.609-612, out./dez.2011.

SANTOS, F. F. **Alface**. 2013. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br>. Acesso em: 18 de Fevereiro 2015.

SANTOS, M. H. V. et al. Uso da manípueira como fonte de potássio na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) cultivada em casa-de-vegetação. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 729-733, 2010.

SANTOS, L. L.; SEABRA JUNIOR, S.; NUNES, M. C. M. Luminosidade, temperatura do ambiente e do solo em ambientes de cultivo protegido. *Revista de Ciências Agro-Ambientais, Alta floresta*, v.8, n.1, p.83-93, 2011.

SANTOS, L. R. et al. Utilização de algas enzimas no desenvolvimento de mudas de melancia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA (CBO). 52., Salvador. 2012. **Anais**. Associação Brasileira de Horticultura, 2012. CD-ROM.

SANTOS, M. R. et. al. Rendimento, qualidade e absorção de nutrientes pelos frutos de abóbora em função de doses de biofertilizante. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.30, n.1, p.160-167, jan./mar. 2012.

SARMENTO, J. D. A. et al. Qualidade e conservação da alface cultivada com rejeito da dessalinização. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p. 90-97, jul./set. 2014.

SCHOCK, A. A. **Características fisiológicas e anatômicas de pinhão manso conduzidos em diferentes condições de luminosidade**, UFPEL, 2012. 59 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS.

SEBRAE. **Alface: Saiba como cultivar hortaliças para colher bons negócios**. Brasília, 2011. Disponível em: <http://www.biblioteca.sebrae.com.br>. Acesso: 03 de Janeiro 2015.

SENDER, S. D. et al. Sugar and non-volatile acid composition of persimmons during maturation. **Journal of Food Science**, Chicago, v.56, n.4, p. 980-991, jul. 1991.

SILVA, C. P. et al. Desenvolvimento inicial de mudas de couve-folha em função do uso de extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.6, n.1, p.7-11, jan./mar. 2012.

SILVA, E. M. N. C. P. et. al. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.29, n.2, abr./jun. 2011.

SILVA, M. C. et al. Fontes de esterco e concentração de nutrientes na solução nutritiva em alface cultivada em solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v.6, n.4, p. 41-49, out./dez. 2011.

SILVA, T. P. **Características produtivas e físico-químicas de frutos e morangueiro orgânico cultivado com o uso de extrato de algas**. UFPR, 2011. 121p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

SINGH, S. P.; MONTGOMERY, B. L. Determining cell shape: adaptive regulation of cyanobacteria cellular differentiation and morphology. **Trends Microbiology**, v.19, n.6, p.278-285, jun. 2011.

SOARES, I. A. A. Interferência das plantas daninhas sobre a produtividade e qualidade de cenoura. **Planta Daninha**, Viçosa, v.28, n.2, p.247-254, abr./jun.2010.

SOUZA, A. E. C. et. al. Produtividade do meloeiro sob lâmina de irrigação e adubação potássica. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 271-278, mar./abr. 2010.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. **Nitrogênio**. In: FERNANDES, M. S. (Eds). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa – MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, p.216-252.

STADNIK, M. J. Uso potencial de algas no controle de doenças de plantas. In: VIII Reunião de controle biológico de fitopatógenos (Cepec). 8, Ilhéus, 2003. **Anais**. Ilhéus, EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE, 2003. CD-ROM.

STILLER, I. et. al. Effects of drought on water content and photosynthetic parameters in potato plants expressing the trehalose-6-phosphatesynthase gene of *Saccharomyces cerevisiae*. *Planta*, v. 227, n.2, p. 299–308, jan. 2008.

SUALI, E.; SARBATLY, R. Conversion of microalgae to biofuel. **Renewable and Sustainable Energy Review**, Malasia. v.16, n.6, p.4316-4342, agos. 2012.

SYVERTSEN, J.P.; LLOYD, J.J. **Citrus**. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P.C. (Eds.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops**. Boca Raton: CRC, 1994, p.65-99.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre, Artmed, 2013. 918p.

TESSEROLI NETO, E. A. **Biofertilizantes: Caracterização química, qualidade sanitária e eficiência em diferentes concentrações na cultura da alface**, UFPR, 2006. 72p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR.

TRANI, P. E.; RAIJ, B. **Hortalças**. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds.). *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Campinas: IAC. 1997. p.157-163.

TREDICI, M. R. **Mass production of microalgae: photobioreactors**. In: RICHMOND, A. (Ed). *Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology*. Oxford: Blackwell Science, 2004. p.178-214.

VIANA, E. M.; KIEHL, J. de C. Doses de nitrogênio e potássio no crescimento do trigo. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.4, p.975-982, 2010.

VIANA, T. V. A. et al. Trocas gasosas e teores foliares de NPK em meloeiro adubado com biofertilizantes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 4, p.595-60, 2013.

VILANOVA, C.; SILVA JUNIOR, C. D. Avaliação da trofobiose quanto às respostas ecofisiológicas e bioquímicas de couve e pimentão, sob cultivos orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.5, n.1, p.127-137, 2010.

YIN, C. Y.; BERNINGER, F.; LI, C. Y. Photosynthetic responses of *Populus przewalski* subjected to drought stress. **Photosynthetica**, v.44, n.1, p.62-68, 2006.

YURI, J. E. **Produção, nutrição e conservação pós-colheita da alface tipo americana, cv. Raider, no verão e no inverno, em função da aplicação de nitrogênio e potássio em Cobertura**, UFLA. 2004. 139p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ZÁRATE, N. A. H. et al. Produção agroeconômica de três variedades de alface: cultivo com e sem amontoa. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.41, n.4, p.646-653, 2010.

ZODAPE, S. T. et al. Foliar application of seaweed sap as bioestimulant for enhancement of yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Journal of Scientific & Industrial Research**, v.70, n.3, p.215-219, mar. 2011.