



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**ACÚMULO DE NITRATO EM ALFACE CRESPA CULTIVADA EM SISTEMA
HIDROPÔNICO**

THIAGO GALVÃO SOBRINHO

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

MAIO DE 2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



THIAGO GALVÃO SOBRINHO

**ACÚMULO DE NITRATO EM ALFACE CRESPA CULTIVADA EM SISTEMA
HIDROPÔNICO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências do Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO

IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADOR: Prof. Dr. José Dantas Neto - UFCG/CTRN/UAEA_g

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

MAIO DE 2019

G182a Galvão Sobrinho, Thiago.
Acúmulo de nitrato em alface crespa produzida em sistema hidropônico / Thiago Galvão Sobrinho. - Campina Grande, 2022.
70 f. il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.

"Orientação: Prof. Dr. José Dantas Neto."

Referências.

1. Qualidade da Água. 2. Hidroponia. 3. *Lactuca sativa* L. 4. Nitrato de Cálcio. I. Dantas Neto, José. II. Título.

CDU 628.1(043)

CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA ITAPUANA SOARES DIAS GONÇALVES CRB-15/93



ATA DA DEFESA PARA CONCESSÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA, REALIZADA EM 31 DE MAIO DE 2019 (Nº640).

CANDIDATO (A): **THIAGO GALVÃO SOBRINHO**

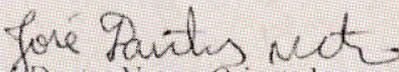
COMISSÃO EXAMINADORA: José Dantas Neto – Orientador – UAEAG/CTRN/UFCG, Maria Sallydelândia Sobral de Farias – Examinadora – UAEAG/CTRN/UFCG e Patrícia Ferreira da Silva – Examinadora - PNP/CAPE/UFCE (Portaria COPEAG - MS 19/2019).

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Acúmulo de Nitrogênio em Alface Crespa Cultivada em Sistemas Hidropônicos

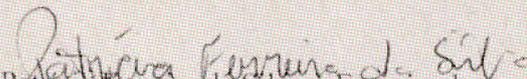
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Irrigação e Drenagem

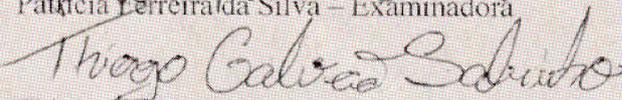
HORÁRIO: 14h15min

Em sessão pública, após exposição de cerca de 50 minutos, foi arguido (a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo demonstrado suficiência de conhecimento e capacidade de sistematização no tema de sua Dissertação, sendo APROVADO, com modificações no texto, de acordo com as exigências da Comissão Examinadora, que deverão ser cumpridas no prazo máximo de 30 (trinta) dias. Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, assinada pelo (a) aluno (a) e demais membros da Comissão Examinadora presentes, Campina Grande/PB, 31 de maio de 2019.


José Dantas Neto – Orientador

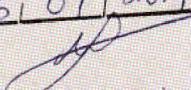

Maria Sallydelândia Sobral de Farias – Examinadora


Patrícia Ferreira da Silva – Examinadora


Thiago Galvão Sobrinho – Discente

CONFERE COM ORIGINAL
Em 25/09/2019

MAIO - 2019


(SINDE = 2424155)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

THIAGO GALVÃO SOBRINHO

**ACÚMULO DE NITRATO EM ALFACE CRESPA CULTIVADA EM SISTEMA
HIDROPÔNICO**

BANCA EXAMINADORA:

PARECER

Prof. Dr. José Dantas Neto - Orientador

Patrícia Ferreira da Silva – Examinadora Externa

Prof^a. Dr.^a Sallydelândia Farias Sobral

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

MAIO 2019

Dedico este trabalho à minha família, a minha namorada Vitoria, aos meus amigos que sempre estiveram apostos, aos professores que acreditaram e me deram apoio, conselhos e ajuda nos momentos de dificuldades no mundo acadêmico e na vida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	12
1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.1.2 Objetivos Específicos	17
3. REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 Alface crespa	18
3.2 Sistema hidropônico	19
3.3 Importância socioeconômica da alface crespa	20
3.4 Escassez Hídrica	21
3.5 Acúmulo de nitrato nas plantas	24
3.6 Qualidade da água na produção agrícola	25
4. METODOLOGIA	26
4.1 Localizações da área experimental	27
4.2 Delineamento, tratamento e sistema de plantio	28
4.3 Características do sistema e manejo da solução nutritiva	29
4.4 Variáveis analisadas	30
4.5 Análises de nitrato	31
4.6 Análise estatística	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 Variáveis de crescimento	33
5.2 Variáveis de produção comercial	42
5.2 Produção (Fitomassa e Biomassa)	48
5.3 Nitrato	57

6. CONCLUSÃO	59
7. REFERÊNCIAS	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados de temperatura mínima e máxima (°C) do ambiente de cultivo da alface para o primeiro (A) e segundo (B) ciclos.

Figura 2. Layout das bancadas do sistema hidropônico.

Figura 3. Produção das mudas em espuma fenólica sob sistema NFT.

Figura 4. Condutivímetro de Bancada modelo Mca 150 (A), medidor de pH modelo LUCA-210 (B) e Termo-Higrômetro digital (C).

Figura 5. Gráfico do comportamento da CE da solução nutritiva durante o período de cultivo para o primeiro e segundo ciclo de produção.

Figura 6. Comprimento da raiz da alface cultivada sob diferentes doses de nitrato em sistema hidropônico no primeiro ciclo.

Figura 7. Efeito das diferentes concentrações de nitrato com relação ao comprimento do caule (A) e comprimento da raiz (B) para as cultivares Robusta e Bs 55 no primeiro ciclo.

Figura 8. Diâmetro do Caule das diferentes cultivares avaliadas (Robusta e Bs 55) em função das diferentes concentrações de nitrato para o segundo ciclo.

Figura 9. Diâmetro da parte aérea da alface cultivada sob diferentes doses de nitrato em sistema hidropônico no segundo ciclo.

Figura 10. Altura da planta (AP) para o primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) de cultivo sob diferentes concentrações de $\text{Ca}(\text{NO}_3^-)$.

Figura 11. Diâmetro de Caule (DC) para o primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) de cultivo sob diferentes concentrações de $\text{Ca}(\text{NO}_3^-)$.

Figura 12. Comprimento da raiz para o primeiro (A) e segundo (B) ciclo para as diferentes doses de nitrato.

Figura 13. Comprimento da raiz para o primeiro (A) e segundo (B) ciclo para as diferentes doses de nitrato.

Figura 14. Rendimento da massa fresca do caule da alface cultivada em sistema hidropônicos sob doses de nitrato para o primeiro (Figura 14A) e segundo (Figura 14B) ciclos.

Figura 15. Número de folhas de alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato para o primeiro ciclo.

Figura 16. Massa fresca do Caule das diferentes cultivares avaliadas (Robusta e Bs 55) em função das diferentes concentrações de nitrato para o primeiro ciclo.

Figura 17. Massa fresca das folhas das diferentes cultivares avaliadas (Robusta e Bs 55) em função das diferentes concentrações de nitrato para o primeiro ciclo.

Figura 18. Massa fresca da raiz para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato para primeiro ciclo A e segundo ciclo B.

Figura 19. Massa seca das folhas para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato para primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B).

Figura 20. Massa seca da raiz para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato para o primeiro ciclo.

Figura 21. Massa seca do caule para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato para o segundo ciclo.

Figura 22. Massa fresca da raiz (A) e massa seca da raiz (B) para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato no primeiro ciclo de cultivo.

Figura 23. Massa seca das folhas para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato no primeiro ciclo de cultivo.

Figura 24. Massa fresca das raízes (A) e massa seca das raízes (B) para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato no primeiro ciclo de cultivo.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantidade (g) de nitrogênio referente a cada variável efeito.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das diferentes concentrações de nitrato para o cultivo da alface crespa para as variáveis de crescimento altura de planta (AP), área foliar (AF), comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC) e diâmetro da parte aérea (DPA) para o primeiro ciclo de cultivo.

Tabela 3. Resumo da análise de variância das diferentes concentrações de nitrato para o cultivo da alface crespa para as variáveis de crescimento altura de planta (AP), área foliar (AF), comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC) e diâmetro da parte aérea (DPA) para o segundo ciclo de cultivo.

Tabela 4. Resumo da análise de variância das diferentes concentrações de nitrato para o cultivo da alface crespa para as variáveis de massa fresca da raiz (MFR), massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MFC) e massa seca da raiz (MSR) para o primeiro e segundo ciclo de cultivo.

Tabela 5. Concentração de nitrato nas folhas de alface da cultivar Robusta e Bs 55 cultivadas em sistema hidropônico e ambiente protegido.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCSEM – Associação Brasileira do Comércio de Mudas e Sementes

AP – Altura de planta

ATP – Adenosina trifosfato

CE – Condutividade elétrica

CEa – Condutividade elétrica da água

CEes – Condutividade elétrica do estrato de saturação do solo

CEAGESP - Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo

CEASA – Central Estadual de Abastecimento

CC – Comprimento do caule

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CR – Comprimento da raiz

C° - Graus Celsius

CV – Coeficiente de variação

DBC – Delineamento em Blocos casualizados

DC – Diâmetro do caule

DFT - Deep Film Technique

(DNxC) – Doses de nitrato em relação a cada cultivar

DPA – Diâmetro da parte aérea

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – Fundação das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

Fe - EDDHA - Ácido etileno-diamina di-orto-hidroxi-fenil de ferro

H₂SO₄ – Ácido sulfúrico

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MFC – Massa fresca do caule

MFF – Massa fresca da folha

MFR – Massa fresca da raiz

MSC – Massa seca do caule

MSF – Massa seca da folha

MSR – Massa seca da raiz

N – Nitrogênio

NADH – Dinucleótido de nicotinamida e adenina

NADPH - Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato

NF – Número de folhas

NFT - Nutrient Film Technique (Fluxo laminar de nutrientes)

NaOH – Hidróxido de sódio

NO_3^- - Nitrato

NO_2^- - Dióxido de nitrogênio

NPK – Nitrogênio, fosforo e potássio

OMS – Organização Mundial da Saúde

pH – Potencial hidrogeniônico

PN 40 – Pressão de serviço

PVC - Policloreto De Vinila

RPM – Rotações por minuto

UFMG – Universidade Federal de Campina Grande

ACÚMULO DE NITRATO EM ALFACE CRESPA CULTIVADA EM SISTEMA HIDROPÔNICO

Resumo: A alface destaca-se como a cultivar mais produzida em sistema hidropônico. No entanto, o acúmulo de nitrato pode vir a inviabilizar a comercialização da mesma, fazendo-se necessário o monitoramento do teor de nitrato acumulado na alface. Nesse tipo de cultivo, a maior parte do nitrogênio é fornecida na forma de nitrato, o que pode acarretar acúmulo deste íon nos vacúolos. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o acúmulo de nitrato em cultivares de Alface Crespa Hidropônica. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande- PB. O delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial 5 x 2, sendo o primeiro fator cinco doses de nitrato da solução nutritiva (N1=25; N2=50%; N3=75; N4=100 e N5=125 %) e o segundo fator duas cultivares de alface (Robusta e a Bs 55) com três repetições em dois ciclos de cultivo. Aos 21 dias após o transplante das mudas, foram analisadas as variáveis de crescimento, produção e a determinação da concentração de nitrato nas folhas frescas. Observou-se que a massa fresca das folhas para o primeiro e segundo ciclo de cultivo obtiveram efeito semelhante, de forma que para o primeiro a dosagem 125 % promoveu um ganho de 111 g, enquanto a de 25 % foi de 72,6 g. No segundo ciclo, observou-se um incremento quando a alface foi cultivada em solução com 25 % de nitrato (95,53 g) com relação às cultivares. Para o primeiro e segundo ciclo, a cultivar Robusta tem menor acúmulo de nitrato recomendada para o consumo quando comparada a Bs 55, promovendo uma diferença média percentual de 12,08 %. Para o segundo ciclo observou-se efeito semelhante por meio do qual o acúmulo para a cultivar Bs 55 foi de 1766,65 mg kg⁻¹ e para Robusta foi de 1357,10 mg kg⁻¹, promovendo uma diferença média percentual de 23,18%. O incremento nas dosagens de nitrato favorece o desenvolvimento da alface crespa e o aumento de sua concentração nas folhas frescas da alface..

Palavras-chave: *Lactuca sativa L.*; qualidade de água; nitrato de cálcio.

NITRATE ACCUMULATION IN CROSS LETTUCE GROWN IN HYDROPONIC SYSTEM

Abstract: Lettuce stands out as the most produced cultivar in a hydroponic system. However, the accumulation of nitrate may make its commercialization unfeasible, making it necessary to monitor the nitrate content accumulated in lettuce. In this type of cultivation, most of the nitrogen is supplied in the form of nitrate, which can lead to the accumulation of this ion in the vacuoles. Thus, the objective of this study was to evaluate the accumulation of nitrate in cultivars of Lettuce Crespa Hidropônica. The experiment was carried out in a greenhouse belonging to the Federal University of Campina Grande (UFCG), Campina Grande-PB. The design was in randomized blocks in a 5 x 2 factorial scheme, with the first factor being five doses of nitrate in the nutrient solution (N1=25; N2=50%; N3=75; N4=100 and N5=125 %) and the second factor two lettuce cultivars (Robusta and Bs 55) with three replications in two cultivation cycles. At 21 days after transplanting the seedlings, growth and production variables and the determination of nitrate concentration in fresh leaves were analyzed. It was observed that the fresh mass of leaves for the first and second cropping cycles had a similar effect, so that for the first, the 125% dosage promoted a gain of 111 g, while the 25% dosage was 72.6 g. In the second cycle, an increase was observed when the lettuce was cultivated in a solution with 25% of nitrate (95.53 g) in relation to the cultivars. For the first and second cycles, the cultivar Robusta has a lower accumulation of nitrate recommended for consumption when compared to Bs 55, promoting an average percentage difference of 12.08%. For the second cycle, a similar effect was observed, whereby the accumulation for cultivar Bs 55 was 1766.65 mg kg⁻¹ and for Robusta it was 1357.10 mg kg⁻¹, promoting an average percentage difference of 23, 18%. The increase in nitrate dosages favors the development of curly lettuce and the increase of its concentration in the fresh lettuce leaves.

Keywords: *Lactuca sativa* L.; water quality; calcium nitrate.

1. INTRODUÇÃO

Entre as hortaliças, a alface (*Lactuca sativa L.*) se destaca como uma das mais produzidas e comercializadas no Brasil, devido ser uma das mais populares na mesa dos brasileiros. Essa cultura pode ser explorada em diferentes sistemas de cultivo, como convencional, orgânico e hidropônico, sendo sua comercialização realizada desde feiras livres até grandes centros comerciais; o que lhe assegura expressiva importância social e econômica (Holvoet et al., 2014).

No Nordeste do Brasil, uma das barreiras encontradas pelos produtores rurais em relação a cadeia produtiva da alface é a irregularidade das chuvas, altas temperaturas e a falta de água superficial de boa qualidade, já que essas fontes são consideradas alternativas primárias à irrigação. Já as águas subterrâneas possuem altas concentrações de sais, o que torna seu uso na agricultura mais restritivo (Dias et al., 2011).

Aquino et al. (2007) afirmam que a cultura da alface é considerada sensível as condições climáticas adversas, uma alternativa de tentar minimizar essa situação é o cultivo em ambiente protegido. Assim, o cultivo hidropônico representa uma alternativa vantajosa, por obter produtos de boa qualidade, mais uniformes, maior produtividade, menor custo de mão de obra, menor consumo de água e insumos agrícolas (Paulus et al., 2010; Cuppini et al., 2010).

No mercado atual, a demanda pela qualidade de seus produtos vem intensificando a produção em sistema hidropônico, devido a sua alta rentabilidade e economia em seu processo produtivo. Segundo Santos (2012), o cultivo hidropônico, em termos de produtividade, é superior ao cultivo convencional, podendo alcançar uma produtividade média de 46 toneladas por hectare; enquanto a alface cultivada no solo tem a produtividade em torno de 18 toneladas por hectare.

Entre os produtores hidropônicos, a alface é a cultura mais difundida por apresentar ciclo curto e rápido retorno financeiro. Possui alta aceitação no mercado, sendo a técnica de produção hidropônica mais utilizada o fluxo laminar de nutrientes (NFT - Nutrient Film Technique) (Paulus et al., 2012; Alves et al., 2011).

Filgueira (2008) afirma que nas hortaliças, em especial nas folhosas, o nitrogênio desempenha papel fundamental no crescimento e na produtividade, sendo que o suprimento de nitrogênio está intimamente ligado à alta atividade. Em condições hidropônicas, o nitrogênio é fornecido as plantas principalmente na forma de nitrato (NO_3^-), mas também na amoniacal (NH_4). O manejo da adubação da solução nutritiva é de suma

importância, uma vez que uma super adubação pode favorecer o acúmulo do íon nitrato nas folhas (Luz et al., 2008) e nos tecidos (Byrne et al., 2002; Furtado, 2008).

Segundo (Aprígio, 2012), a exposição do homem a presença de nitrato (NO_3^-) ocorre através da ingestão de água e alimentos. Assim, este íon é convertido a nitrito e quando em contato com a corrente sanguínea oxida o ferro presente na molécula de hemoglobina resultando na produção de metahemoglobina, que impede o transporte do oxigênio necessário à respiração das células dos tecidos causando a doença metahemoglobinemia (Faquin & Andrade, 2004).

Em estudos realizados por Lopes et al. (2011) e Helbel Júnior et al. (2008) relatam que essa reação promove a falta de oxigenação nas células do tecido cerebral. Além disso, a combinação de nitrito com aminas gera as nitrossaminas, que são mutagênicas e cancerígenas e que, segundo Krohn et al. (2003), impedem o transporte do oxigênio para os tecidos devido à transformação da hemoglobina em ferrihemoglobina.

Muitos questionamentos vêm sendo levantados com relação ao risco do acúmulo de nitrato nas hortaliças oriundas de cultivo hidropônico. Em geral, sabe-se que a alface hidropônica apresenta teores de nitrato superiores aos da alface produzida em sistema orgânico convencional (Beninni et al., 2002; Cometti et al., 2004), o que pode ser justificado pelo fato de as soluções nutritivas usadas em hidroponia apresentarem alta disponibilidade de nitrato, levando conseqüentemente ao seu maior acúmulo em plantas cultivadas nessas condições (Faquin et al., 1996; Faquin & Andrade, 2004).

Nesse contexto, alguns trabalhos têm apontado que os teores de nitrato verificados para a alface produzida em cultivo hidropônico estão abaixo dos limites máximos permitidos pela comunidade europeia para alface produzida em ambiente protegido (Faquin et al., 1996; Cometti et al., 2004; Faquin & Andrade, 2004).

Questões sobre cultivo de alface hidropônico ainda precisam ser respondidas: o teor de nitrato das folhas tende a aumentar com o incremento da concentração de nitrato na solução nutritiva? Cultivares de um mesmo grupo podem acumular quantidades diferentes de nitrato em suas folhas?

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar em dois ciclos de cultivo o acúmulo de nitrato em cultivares de Alface Crespa Hidropônica, produzidas sob diferentes doses de nitrato.

2.1.2 Objetivos Específicos

Avaliar o crescimento e produção de cultivares de alface crespa das variedades Bs 55 e Robusta sob diferentes concentrações de nitrato em cultivo hidropônico;

Determinar a biomassa e a fitomassa de cultivares de alface crespa sob diferentes concentrações de nitrato.

Determinar a concentração de nitrato de cálcio na solução nutritiva que promove o maior rendimento produtivo.

Determinar a variedade de alface que melhor respondeu em termos de crescimento e produção as diferentes doses de NO_3^- .

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Alface

Dentre as olerícolas, a alface (*Lactuca sativa* L.) é uma dicotiledônea anual que pertence à família Asteracea da subfamília Cichorioideae e do gênero *Lactuca*, seu desenvolvimento vegetativo é facilitado na ocorrência de fotoperíodos mais curtos e temperaturas mais amenas, em torno de 20 a 21 °C. Possui sistema radicular densamente ramificado e superficial quando o cultivo em campo abrange uma zona de até 25 cm de profundidade em plantas transplantadas e até 60 cm quando em semeadura direta (Zárate et al., 2010).

Esta é uma das hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil e no mundo, contribuindo desta forma para geração de emprego e renda no agronegócio, bem como na agricultura familiar (Filgueira 2008).

Esta cultura tem origem asiática, tendo seu largo consumo principalmente *in natura* em saladas, em função de suas características nutricionais, que é rica em vitaminas A, do complexo B, com a B1, B2 e C, além de apresentar boas concentrações de ferro, cálcio e fósforo (Sala e Costa 2012). Em países orientais, como China e Egito, os caules são consumidos cozidos ou crus, em conserva, desidratados ou na composição de condimentos (Mou, 2008).

As principais cultivares de alface presentes no mercado brasileiro de sementes podem ser classificadas em cinco grupos, com base na formação de cabeça e tipo de folhas, são elas: Repolhuda Lisa: apresenta folhas lisas, delicadas e macias, com nervuras pouco salientes; Repolhuda Crespa ou Americana: folhas crespas, consistentes e crocantes, cabeça grande e bem compacta; Solta Lisa: folhas lisas e soltas, relativamente delicadas, sem formação de cabeça compacta e Solta Crespa: folhas grandes e crespas, textura macia,

mas consistente, sem formação de cabeça; pode ter coloração verde ou roxa (EMBRAPA, 2009).

Entre as hortaliças, esta cultura contém terceiro maior volume de produção, com uma média estimada de 1.624 milhões de toneladas, ficando atrás apenas da melancia e do tomate com 3.796 e 3.037 milhões de toneladas, respectivamente (ABCSEM, 2014).

No Brasil grande parte das populações de áreas mais interioranas vivem quase que exclusivamente da prática da agricultura familiar, em que as hortaliças, em especial a alface, são as mais produzidas devido seu ciclo curto, facilidade de manejo, e rápido retorno financeiro (Santos et al., 2011).

A agricultura familiar é a forma mais predominante de agricultura, uma vez que 90% das 570 milhões propriedades agrícolas do mundo são comandadas por famílias, produzindo aproximadamente 80% dos alimentos e sendo guardião de 75% dos recursos agrícolas (FAO, 2014).

3.2 Sistema hidropônico

O sistema hidropônico refere-se a cultivo sem solo de forma mais intensiva e eficaz. As raízes das plantas são parcialmente ou completamente imersas em solução nutritiva formulada pela dissolução de adubos na água de irrigação, seguindo recomendação para determinada cultura. A técnica apresenta expressiva expansão por viabilizar o potencial produtivo agrícola (Putra e Yuliando, 2015).

Os sistemas hidropônicos determinam suas estruturas com características próprias, atualmente existem três sistemas: NFT - Nutrient Film Technique, DFT - Deep Film Technique e Sistema com Substratos. O NFT (Fluxo Laminar de Nutrientes) é o sistema mais utilizado, consiste basicamente em um reservatório com solução nutritiva e um sistema de bombeamento, canais de cultivo e de um sistema de retorno ao tanque. A solução nutritiva é bombeada aos canais e escoada por gravidade formando uma lâmina de solução que irriga as raízes. No sistema DFT ou cultivo na água, a solução nutritiva forma uma lâmina constante e as raízes ficam submersas. O sistema com substratos para hortaliças, frutíferas e outras culturas que têm sistema radicular e parte aérea mais desenvolvidos, utilizam-se vasos cheios de material inerte para a sustentação da planta e por onde escoada a solução nutritiva (Furlani et al., 2009).

No cultivo hidropônico existem vantagens, de forma que cada uma está associada a um sistema. Dentre essas vantagens, pode-se destacar: maior produtividade, o que torna o sistema mais atrativo do ponto de vista de interesse em investir no mesmo em escala

comercial, melhor controle sobre a composição dos nutrientes fornecidos às plantas, menor consumo de água principalmente em regiões áridas e semiáridas, uso de água salobra, melhor controle fitossanitário, produção fora de época e uma melhor qualidade e preço do produto. Como desvantagens o sistema apresenta: os custos iniciais relativamente elevados, exigência de assistência e conhecimento técnico mais efetivo e risco de perda por falta de energia elétrica (Bezerra Neto e Barreto, 2012).

A forma como o sistema de cultivo hidropônico funciona possibilita que ele tenha uma melhor eficiência no uso da água com a redução das perdas por evaporação. Em lugares onde a escassez de água de boa qualidade é um problema, a hidroponia pode ampliar a vantagem sobre o sistema de cultivo no solo, não promovendo o acúmulo de sais principalmente na rizosfera, minimizando o efeito da salinidade sobre as plantas e reduzindo os riscos ambientais associados ao processo de salinização e sodificação (Alves et al., 2011).

Para Silva et al., (2013), no cultivo hidropônico o potencial mátrico é desprezível, o que se constitui numa vantagem quando se utilizam águas de má qualidade, pois possibilita uma absorção maior de água e nutrientes pelas plantas, com menor gasto energético, para uma mesma quantidade de sais em relação ao cultivo em solo.

Por essa razão, Soares et al., (2010) salientam que na hidroponia os prejuízos da salinidade às plantas são menores, pois não há efeito da salinidade sobre a matriz, por ser inexistente ou é relativamente inerte (usando substratos).

A nutrição no sistema hidropônico...

A implantação de sistemas hidropônicos para a produção de hortaliças vem se mostrando como uma atividade que promove um bom retorno econômico para a agricultura familiar (Pantoja Neto et al., 2016).

3.3 Importância socioeconômica da alface

Atualmente, no cenário nacional, a alface de maior importância econômica é a crespa, tendo preferência de 70% no mercado brasileiro, seguida pela americana (15%), lisa (10%) e romana (5%) (Suinaga et al., 2013).

O Brasil produz cerca de 1.624 milhões de toneladas de alface por ano (Embrapa, 2012). A cultura da alface nacional gera uma receita líquida que movimentada o mercado produtor de hortaliças, uma vez que esta é uma cadeia produtiva que engloba todos os ciclos comerciais desde a produção, a venda no atacado e no varejo (Tabela 1).

Tabela 1. Rendimento econômico brasileiro da produção de alface

Valor ao produtor Vs Custo Total (R\$: Milhões)	
Valor na produção	1.738,0
Custo total	
Mão de obra	405,0
Fertilizantes	192,0
Embalagens	151,2
Agroquímicos	57,4
Sementes	34,7
Herbicidas	4,3
Margem bruta	893,3
Geração de receita (R\$: Milhões)	
Produtor	1.738,0
Atacado	2.908,3
Varejo	8.002,2

Fonte (ABSEM,2014).

É a hortaliça folhosa mais difundida atualmente, sendo cultivada em quase todos os países. Seu cultivo é feito de maneira intensiva e geralmente praticado pela agricultura familiar, responsável pela geração de cinco empregos diretos por hectare (Alencar et al, 2012).

Cerca de 15% da população brasileira reside e trabalha na zona rural. O setor agrícola do país é responsável por quase 30% do Produto Interno Bruto (PIB), dos quais, aproximadamente 10% são provenientes do agronegócio familiar que atuam potencialmente na produção de hortaliças (IBGE, 2013).

Devido à alta perecibilidade da cultura, têm-se procurado produzir alface praticamente em todas as regiões brasileiras, durante o ano todo, com o objetivo de ofertar um produto de qualidade diariamente ao consumidor. Pesquisas vem sendo realizadas para o desenvolvimento de cultivares adaptadas a diferentes condições climáticas, principalmente no que diz respeito à temperatura, umidade e fotoperíodo, uma vez que estas são as variáveis agrometeorológicas que podem afetar de maneira mais incisiva o rendimento da produção, reduzir a qualidade do produto comercializado e comprometer a renda do produtor (Gomes, 2014).

Ao contrário dos sistemas de produção americano e europeu, que contam com excelente sistema logístico ligado a cadeia de frio, o modelo brasileiro baseia-se na produção de alface em “cinturões verdes” próximos aos centros consumidores desta folhosa (Sala e Costa, 2012).

Como a colheita de hortaliças é de alto custo e requer curto tempo para ser realizada, pois as hortaliças são perecíveis, o arranjo do escoamento da produção é de vital importância. Dessa forma, os cinturões verdes podem ser vistos como os melhores locais para se produzirem hortaliças, já que estão próximos dos mercados consumidores e da mão de obra, favorecendo tanto os vendedores como os compradores (Lopes, 2017).

No ano Brasil o maior centro de comercialização de hortícolas CEAGESP (Companhia de Entrepósitos e Armazéns gerais de São Paulo) teve um volume de venda em 2018 de 49879,5 toneladas com um valor médio de R\$ 1,97 para CEASA, Centro de Abastecimento Estadual da cidade de Recife – PE e Fortaleza – CE, com um volume médio de venda de 2549,6 toneladas e um valor médio de R\$ 2,12 (CONAB, 2019).

No que diz respeito ao consumo hídrico da cultura, principalmente em regiões áridas e semiáridas, em estudo realizado por Maracajá et al. (2013) a pegada hídrica da alface crespa obtiveram um valor médio de 130 litros de água/kg de biomassa.

3.4 Limitações do cultivo em regiões semiáridas

O déficit de água de boa qualidade no mundo tem se intensificado ao longo dos anos. Em estudo divulgado pela FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura, os efeitos das mudanças no clima afetarão drasticamente o nível de precipitação na América do Sul até o fim do século XXI. O relatório “The State of Food and Agriculture - SOFA” mostra uma diminuição de 22% das chuvas no nordeste brasileiro, enquanto o Sul enfrentará um aumento de 25%. O estudo concluiu que estas alterações terão importantes efeitos sobre a agricultura latino-americana e caribenha, e será cada vez mais difícil levar adiante os padrões de produção e qualidade de produtos agropecuários (Schmitt, 2015)..

O consumo de água é crescente para diversos fins, como no setor industrial, abastecimento urbano e pecuária. No entanto, a agricultura é uma das forças motrizes que mais a utilizam, sendo a irrigada responsável pelo uso de quase 70 % de toda água consumida no Brasil (Ferreira et al., 2016).

No semiárido brasileiro, a predominância de solos jovens, tipo Neossolos (embasamento cristalino exposto ou pouco profundo), impõem características salobras e

salinas às águas subterrâneas, dificultando seu aproveitamento para consumo humano (BRITO et. al., 2016). No entanto, águas desta natureza, com elevadas concentrações de sais, podem ser utilizadas racionalmente como alternativa para agricultura em situações de escassez; desde que se apliquem técnicas viáveis que visem uma produção continuada sem ocasionar prejuízos ao plantio e ao solo (Dantas, 2012).

No semiárido brasileiro predomina o clima Tropical Quente e Seco, o qual possui irregularidade no regime pluviométrico, baixa pluviosidade e elevada evapotranspiração ao longo do ano (SANTOS et al., 2017).

O grande desafio atualmente é encontrar alternativas tecnológicas viáveis para o melhor aproveitamento de água de qualidade inferior na agricultura. Assim, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de viabilizar o uso destas águas como insumo para o cultivo hidropônico, sendo o enfoque voltado principalmente para hortaliças folhosas; como rúcula, agrião e, sobretudo, alface (PAULUS et al., 2010; SANTOS et al., 2010a; SOARES et al., 2010; ALVES et al., 2011; DANTAS, 2012; MACIEL et al., 2012).

3.5 Acúmulo de nitrato nas plantas

O nitrogênio (N) é o macronutriente primário que mais contribui para o metabolismo fisiológico das plantas e está relacionado diretamente na formação de proteínas constituinte da molécula de clorofila. Ele participa da respiração, multiplicação e divisão celular, favorece o crescimento vegetativo, no incremento da área foliar e na expressão do potencial produtivo da cultura (Nascimento et al., 2017).

Este macronutriente pode estar prontamente disponível ou de maneira “combinadas” para nutrição das plantas, incluindo também combinações amoniacais (NH_4^+), nítricas (NO_3^-) ou orgânicas (R-NH^2), que serão metabolizadas bioquimicamente para futura produção de biomassa (Taiz e Zeiger, 2009).

A deficiência de N em alface retarda seu crescimento e induz à ausência ou má formação da cabeça, as folhas mais velhas ficam amarelas e senescem com mais facilidade. No entanto, quando aplicado em excesso, no último terço do ciclo, as cultivares que formam cabeça, apresentam-se com menor firmeza, o que pode reduzir a produção comprometendo sua comercialização (Santos et al., 2012).

Em sistemas hidropônicos, o nitrogênio é fornecido basicamente na forma nítrica, podendo acumular na planta na forma de nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) em níveis elevados, que se consumido em excesso pode afetar a saúde de seres humanos favorecendo o

surgimento de doenças como a metahemoglobinemia e câncer gástrico (Chang et al., 2013).

A produção satisfatória da alface em cultivo hidropônico depende essencialmente da qualidade da solução nutritiva fornecida, principalmente no que se refere ao pH, a temperatura e a composição salina (teor, concentração e tipos de sais) (Domingues et al., 2012).

Um estudo que variava a temperatura da solução nutritiva para observar se haveria interação entre os níveis de nitrato ao cultivar alface em sistema hidropônico realizado por (Silva et al. 2016), mostraram que o acúmulo de nitrato no tecido fresco das folhas aumentou quando elevou-se as temperaturas da solução nutritiva.

A exposição do homem a nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-) acontece através da ingestão de água e alimentos. Este íon é convertido a nitrito e quando entra na corrente sanguínea oxida o ferro presente na molécula de hemoglobina resultando na produção de metahemoglobina, que impede o transporte do oxigênio necessário à respiração das células dos tecidos causando tal enfermidade (Faquin e Andrade, 2004; Aprigio et al. 2012).

A reação do nitrito no corpo humano promove a falta de oxigenação nas células do tecido cerebral. Além disso, a combinação de nitrito com aminas gera as nitrosaminas, que são mutagênicas e cancerígenas (Lopes et al. 2011). Dessa forma, impedem o transporte do oxigênio para os tecidos devido à transformação da hemoglobina em ferrihemoglobina (Krohn et al. 2003).

Observando tais efeitos adversos nos seres humanos, a União Europeia e a Organização Mundial de Saúde propôs limites máximos para concentração de NO_3^- em alface (*Lactuca sativa*) e outras folhas produzidas em ambiente protegido. Os limites foram estabelecidos em 5000 e 4000 mg kg^{-1} peso fresco, do inglês Fresh Weight (FW) para culturas de inverno e verão, respectivamente (Jornal Oficial da União Europeia, 2011).

3.5 Qualidade da água na produção agrícola

A disponibilidade hídrica é considerada um dos fatores mais limitantes no desenvolvimento da agricultura, particularmente nas regiões áridas e semiáridas. Essa particularidade também ocorre no semiárido brasileiro, caracterizado por longos períodos de seca e com alta variabilidade temporal e espacial das chuvas (Souza Filho, 2011; Araújo, 2012).

A qualidade da água na agricultura é determinante para a sua maximização produtiva, não apenas em função de suas características físicas, químicas e biológicas mas

também da adequação ao uso específico a que se destina, ou seja, a seu manejo (Ayers e Westcot, 1999).

Nas regiões áridas e semiáridas, um dos principais fatores abióticos que mais comprometem a produção das culturas no que diz respeito à irrigação é a alta concentração de sais presentes nessas águas. Na maioria das vezes ultrapassa a salinidade limiar de diversas culturas de importância econômica gerando, assim, grandes perdas na produção (Souza Neta et al., 2016).

No semiárido brasileiro existe expressivo volume de água subterrânea, no entanto, o elevado teor de sais dissolvidos provoca efeitos deletérios desde a germinação de sementes e à produção agrícola (Paiva et al., 2016).

O aproveitamento dessas águas em regiões áridas e semiáridas é fundamental para a ampliação da oferta de água visando a produção agrícola, isto porque, embora a disponibilidade superficial seja reduzida, o potencial de exploração de águas subterrâneas nestas regiões é considerável; no entanto, apresentam restrições relacionadas à salinidade, sendo impróprias para o consumo humano, animal e irrigação de culturas em condições de solo (Morais et al., 2011)

Segundo Ayers & Westcot (1999), a alface é uma cultura considerada “moderadamente sensível” à salinidade, por meio da qual sua produção é afetada negativamente com uma redução produtiva média de 13% por aumento unitário de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) acima de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ em termos de condutividade elétrica de água (CEa) o limiar seria de $0,9 \text{ dS m}^{-1}$, considerando-se a relação entre CEa e CEes, proposta por Ayers & Westcot (1999) para fração de lixiviação entre 0,15 e 0,20.

No entanto, essa tolerância depende da cultivar, do estágio fenológico, do tipo de sais, da concentração desses sais e duração do estresse salino (Taiz & Zeiger, 2009).

Segundo Soares et al. (2007), no sistema hidropônico a resposta das plantas à salinidade é melhor do que no solo, considerando a maior disponibilidade de água para plantas, porque em sistemas hidropônicos o potencial matricial de água é zero, no entanto, na presença do solo, esse potencial é uma das principais causas que promovem a redução da energia livre da água no solo.

Alguns resultados promissores foram alcançados para o uso eficiente de água com elevada concentração de sais no Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT) em sistema hidropônico (Santos et al., 2010a, 2011; Soares et al., 2010, 2015; Alves et al., 2011;

Paulus et al., 2012; Bione et al., 2014; Lira et al., 2015), que pode abrir uma nova perspectiva para a hidroponia como uma alternativa econômica.

As plantas possuem vários mecanismos de tolerância à salinidade para proteger seus órgãos vitais, como por exemplo exclusão e / ou compartimentalização de íons tóxicos como o sódio, cloro e boro (Severiano et al., 2014).

De acordo com Dias e Blanco (2010), o efeito negativo que os sais causam às plantas, dependendo do grau de salinidade, pode fazer com que percam a água que se encontra em seu interior (causando plasmólise). A toxicidade por íons específicos acontece quando as plantas absorvem os sais do solo junto com a água, ocasionando toxicidade por excesso de sais absorvidos, danos no citoplasma das células, principalmente nas dos ápices das folhas, onde a planta vai perder, por transpiração, a água absorvida; e como consequência aumentam os teores de sais no seu interior.

4. METODOLOGIA

4.1 Localizações da área experimental

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), situada no município de Campina Grande, PB, sob as coordenadas geográficas de 7°13'11" latitude sul e 35°53'31" de longitude oeste e altitude de 550m. Foram conduzidos dois ciclos de cultivo, no qual o primeiro foi no mês de abril e o segundo no mês de junho de 2018.

De acordo com Koppen (1948) o clima predominante é AS', semiárido, quente e úmido, com uma temperatura máxima anual de 28,6 °C, um mínimo de 19,5 °C e pluviosidade média anual de 765 mm.

Durante o período de condução do experimento para o primeiro (Figura 1A) e segundo (Figura 1B) ciclos de cultivo foi realizado o monitoramento diário da temperatura mínima e máxima (°C) e umidade relativa (%) no interior da casa de vegetação com o auxílio de um termo-higrômetro digital.

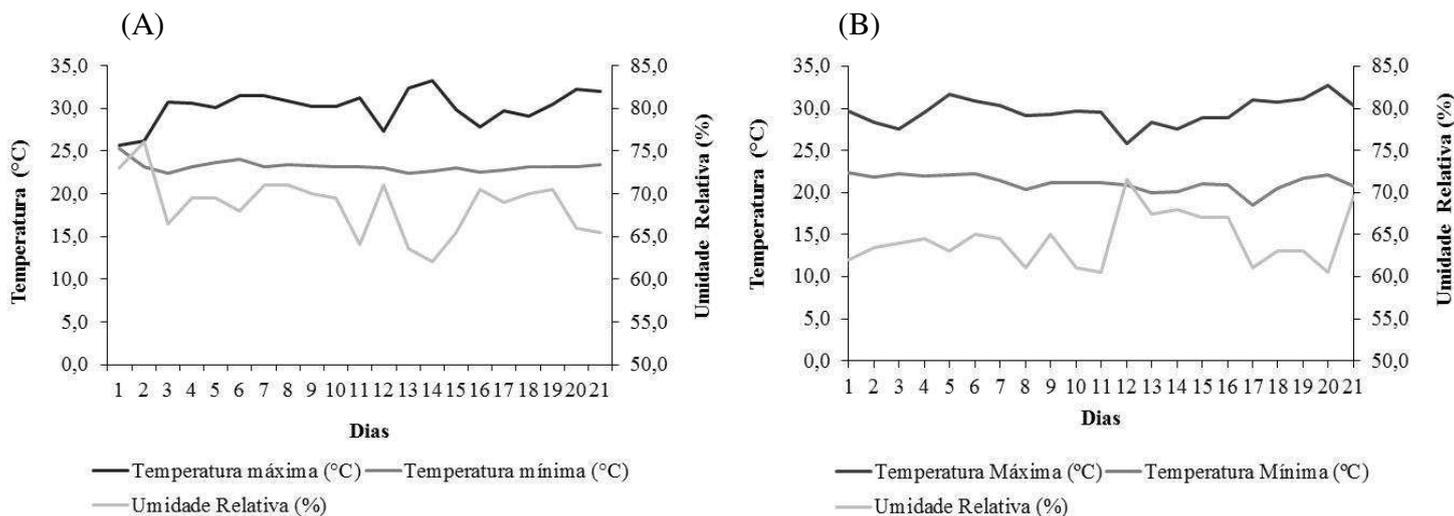


Figura 1. Dados de temperatura mínima e máxima (°C) do ambiente de cultivo da alface para o primeiro (A) e segundo (B) ciclos.

A casa de vegetação é do tipo capela e possui estrutura em arcos galvanizados, com dimensões de 6,0 m de largura x 10 m de comprimento e pé-direito de 3,00 m, coberta com telhas de fibra de vidros e laterais envolvidas com telado que permitem a passagem parcial do vento, amenizando a temperatura interna. No interior da casa de vegetação existem cinco bancadas, estas possuem três perfis de sistema hidropônico alternativo com tubos de PVC PN40, espaçadas a 0,20 m e as bancadas a 0,60 m, com declividade de 2% e com comprimento de 3,0 m, com abertura para as plantas espaçadas em 0,20 m (Figura 2).

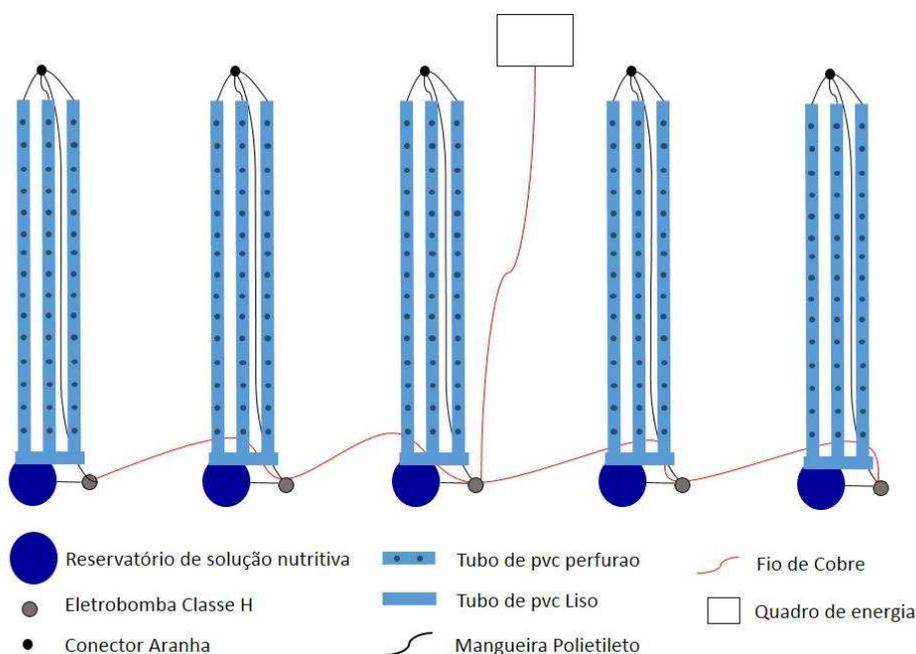


Figura 2. Esquema do sistema hidropônico com suas bancadas, reservatórios para solução nutritiva e acessórios.

As mudas foram obtidas de um produtor rural na cidade de Lagoa Seca PB que foram produzidas em substrato de espuma fenólica para germinação e enraizamento, estas espumas foram previamente lavadas com água corrente para eliminar possíveis resíduos remanescentes de sua fabricação. O desenvolvimento das mudas foi em estrutura hidropônica denominada berçário (Figura 3).



Figura 3. Produção das mudas de alface no berçário.

O transplântio foi realizado quando as mudas estavam com quatro folhas definitivas, foram 14 mudas por linha, sendo que cada bancada possui 3 linhas perfazendo 42 plantas por bancada, totalizando 210 plantas.

4.2 Delineamento, tratamento e sistema de plantio

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizado (DBC), arranjados em esquema fatorial 5 x 2, sendo o primeiro fator cinco doses de nitrato da solução nutritiva (DN1=25%; DN2=50%; DN3=75%; DN4=100% e DN5=125%) da recomendada pelo fabricante, o segundo fator duas cultivares de alface cresa, a cultivar Robusta e a Bs 55, com três repetições, correspondendo a 10 tratamentos e 30 unidades experimentais, sendo que cada unidade experimental foi composta por 6 plantas. Ressalta-se que foi deixado como bordadura duas plantas de cada perfil, a primeira e a última, com o intuito das plantas terem o mesmo nível de competição por luz e espaço para o seu crescimento normal. Os perfis foram etiquetados com cada tratamento e sua respectiva repetição. Não houve aplicação de agrotóxicos durante o período de condução do experimento.

4.3 Características do sistema e manejo da solução nutritiva

Os perfis referentes a cada tratamento são interligados a reservatórios de plástico rígido com capacidade de 100 litros, sendo um total de 5 reservatórios, onde foram armazenadas as soluções nutritivas correspondente a cada tratamento. Cada reservatório é constituído de uma eletrobomba Classe H com vazão de 900 L h⁻¹. Cada bomba é conectada a um temporizador analógico ligado à energia elétrica para manter a solução circulando automaticamente. Os temporizadores foram programados para irrigações a cada 15 minutos.

O preparo e manejo da solução nutritiva foi realizado de acordo com a recomendação dos fabricantes dos fertilizantes utilizados. A formulação utilizada para o preparo da solução foi o composto Hidrogood Fert, que contém todos os macronutrientes: Nitrogênio (10,0%), Fósforo (9,0%), Potássio (28%), Magnésio (3,3%), Enxofre (4,3%) e Ferro quelatizado EDDHA a 6%, e micronutrientes: Boro (0,06%), Cobre (0,01%), Molibdênio (0,07%), Manganês (0,05%) e Zinco (0,02%).

O composto foi adicionado a água junto com Nitrato de Cálcio, sendo que o nitrato foi proveniente da Yara Brasil, que tem sua formulação com 15,5% de nitrogênio nítrico e 19% de cálcio. As doses de Nitrato de Cálcio foram N1=25% com 0,2 gL⁻¹, o N2=50% com 0,4 gL⁻¹, N3=75% com 0,6 gL⁻¹, N4=100% com 0,8 gL⁻¹ e N5=125% com 1,0 gL⁻¹ (Tabela 1).

Tabela 2. Somatório da concentração de nitrogênio (gL⁻¹) correspondente a cada tratamento.

Doses de Nitrato Calcio Ca (NO ₃) ₂	Total de Nitrato de cálcio Ca (NO ₃) ₂ gL ⁻¹
N1 25%	0,069gL ⁻¹
N2 50%	0,138 gL ⁻¹
N3 75%	0,207 gL ⁻¹
N4 100%	0,276gL ⁻¹
N5 125%	0,345 gL ⁻¹

A solução foi preparada com água da chuva, devido à baixa concentração elétrica da água que apresentava no momento da preparação uma CE de 0,245 dS m⁻¹.

Para o primeiro ciclo, foram utilizados 70 litros de água, restando cerca de 10 litros ao final dos 21 dias, totalizando um consumo médio de 60 litros. Para o segundo ciclo, foram utilizados 75 litros, com uma sobra de 23, totalizando um consumo médio de 52 litros por bancada para o mesmo período de cultivo.

Foi realizado o monitoramento diário das soluções para garantir a condutividade elétrica em cada tratamento, sendo feita a verificação através de condutivímetro de bancada modelo Mca 150 (Figura 4A) duas vezes ao dia.

Foi quantificada diariamente o pH através de um pHmetro de bancada modelo LUCA-210 (Figura 4B) para que o mesmo seja mantido entre 5,5 e 6,5 (devido se tratar do intervalo ótimo para absorção de nutrientes pela cultura), ajustando-o, quando necessário, através de uma solução base composta por hidróxido de sódio ou uma solução ácida composta por ácido sulfúrico.

Os valores de temperatura e umidade relativa do ar (máximas e mínimas) foram anotados diariamente utilizando higrômetro digital (Figura 4C).

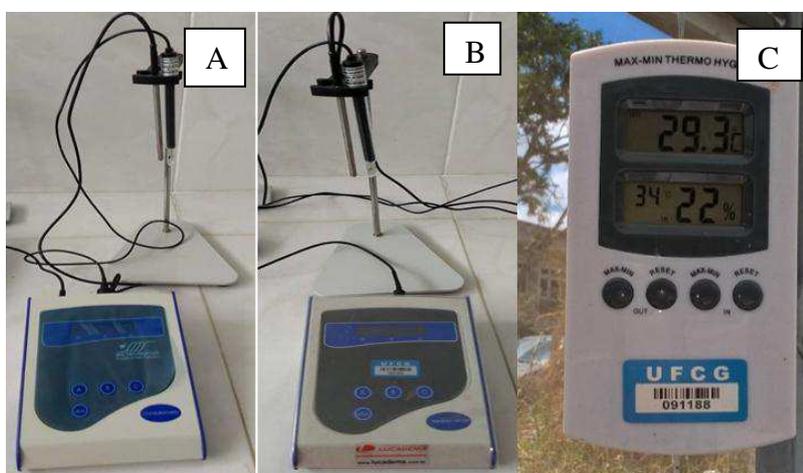
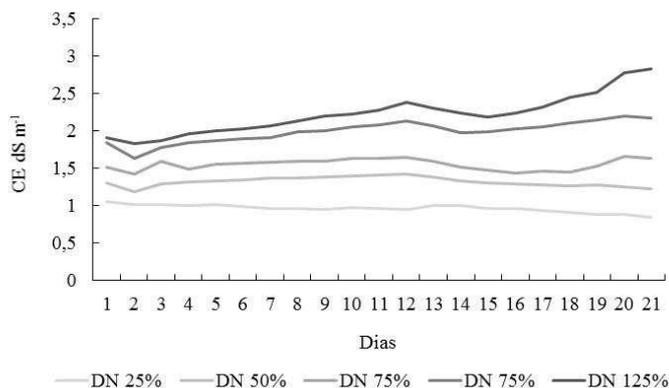


Figura 4. Condutivímetro de bancada modelo Mca 150 (A), medidor de pH modelo LUCA-210 (B) e termo-higrômetro digital (C).

Com base no uso dos dados referentes à condutividade elétrica dos tratamentos ao longo do experimento, foi determinado o efeito destes na solução nutritiva para o primeiro (Figura 5A) e segundo (Figura 5B) ciclos.

(A)



(B)

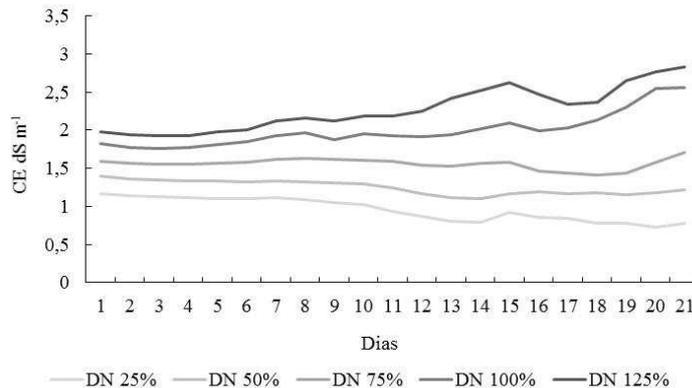


Figura 5. Gráfico do comportamento da CEsol (solução nutritiva) durante o período de cultivo para o primeiro (Figura 5A) e segundo ciclo (Figura 5B) de produção.

4.4 Variáveis analisadas

As avaliações foram realizadas aos 21 dias após o transplante das mudas. Foram avaliadas as variáveis altura de planta, número de folhas, comprimento do caule, diâmetro do caule e área foliar. A altura de planta (AP), comprimento do caule (CC) e comprimento de raiz (CR) foi determinada com auxílio de uma régua milimetrada. O número de folhas (NF) foi determinado através do desfolhamento da planta. Para o diâmetro do caule (DC) utilizou-se paquímetro digital com precisão de 0,05 mm, o diâmetro da parte área (DPA) que foi estimado com auxílio de fita milimetrada medindo-se a coroa da planta.

Para determinação do acúmulo de massa pela cultura, foram determinadas a biomassa e fitomassa de folha, caule e raiz, sendo estas análises destrutivas. Para avaliar a fitomassa, as plantas foram removidas do sistema de cultivo hidropônico para separação das folhas, caules e raízes, e, posteriormente, pesadas utilizando balança digital com precisão de 0,0001 g.

Depois de pesadas, as amostras dos órgãos foram armazenadas separadamente em sacos de papel, identificadas e colocadas em estufa de circulação de ar forçada a 60 °C até atingir peso constante, após atingirem esse peso as amostras foram novamente pesadas separadamente para registrar a fitomassa seca.

A área foliar (AF) expressa em cm^2 foi estimada pelo método proposto por Benincasa (2003), por meio da qual, uma amostra com área conhecida de 9 cm^2 foi retirada da folha e encaminhada para estufa a fim de se obter a massa seca da amostra. Posteriormente, a área foliar total de cada planta foi determinada pela razão entre o produto da área da amostra e a massa seca total das folhas pela massa seca da amostra (Equação 1).

$$AF = \frac{\text{Área da amostra} \cdot \text{massa seca das folhas}}{\text{Massa seca da amostra}}$$

Eq. 1

4.5 Análises de nitrato nas folhas de alface

As determinações de nitrato foram realizadas por meio do método colorimétrico, de acordo com metodologia ajustada proposta por (Cataldo et al., 1975), baseado no princípio de nitratação do ácido salicílico e seguida leitura em espectrofotômetro a um comprimento de onda de 410 nm.

O procedimento metodológico seguiu-se da seguinte forma:

Após a secagem das folhas em estufa a 60 °C até peso constante, o material foi triturado em moinho tipo Willey. Logo após, pesou-se 0,1 g da amostra, colocou-se em tubo para centrífuga e adicionou-se 10 mL de água deionizada. Em seguida, levou-se à estufa por 1 h a 50 °C. Após o período em estufa, as amostras foram centrifugadas a 500 rpm durante 15 min e foi realizada a remoção de todo o sobrenadante e adicionados 5g de carvão mineral, agitando-se manualmente; e aguardou-se por um período de 10 minutos.

Os extratos foram filtrados em filtro de papel e o volume filtrado foi coletado para análise. Em seguida foi pipetado 0,2 mL da amostra, adicionando-se 2 mL de ácido salicílico a 5% em H₂SO₄ concentrado. Aguardou-se por 20 min e adicionaram-se 47,5 mL de NaOH a 2N, esperou-se até resfriar à temperatura ambiente. As amostras foram levadas para o espectrofotômetro, onde foram feitas as leituras de absorvância a um comprimento de onda de 410 nm.

4.6 Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise da variância e, quando o teste F foi significativo, realizou-se a comparação de médias para as variáveis qualitativas por meio do teste de Tukey e para as variáveis quantitativas realizou-se análise de regressão linear e quadrática com o auxílio do software estatístico SISVAR – ESAL (Ferreira, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Variáveis de crescimento

Por meio do resumo da análise de variância, verifica-se que as diferentes concentrações de nitrato promoveram efeitos significativos nas variáveis de crescimento AP (altura de planta), DC (diâmetro do caule) e CR (comprimento de raiz) para o primeiro e segundo ciclos de cultivo a nível de 1 a 5% de probabilidade. Já o CC (comprimento do

caule) foi significativo a 1% apenas para o primeiro ciclo e o diâmetro da parte aérea (DPA) para o segundo ciclo. Nota-se também que a área foliar não foi afetada de maneira significativa pelas diferentes doses de nitrato (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância das diferentes concentrações de nitrato para o cultivo da Alface Crespa para as variáveis de crescimento altura de planta (AP), área foliar (AF), comprimento do caule (CC), diâmetro do caule (DC) e diâmetro da parte aérea (DPA) para o primeiro e segundo ciclo de cultivo.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		Primeiro ciclo					
		AP (cm)	AF (cm ²)	CC (cm)	DC (mm)	CR (cm)	DPA (cm)
Doses de Nitrato (DN)	4	32,05**	1,12 ^{ns}	13,46*	6,96**	58,17**	11,62 ^{ns}
Cultivar (C)	1	2,70 ^{ns}	1,63 ^{ns}	48,89**	2,72 ^{ns}	78,40**	45,63 ^{ns}
Interação (DN X C)	4	10,28 ^{ns}	1,42 ^{ns}	5,22 ^{ns}	2,07 ^{ns}	4,95 ^{ns}	8,88 ^{ns}
Blocos (B)	2	1,4 ^{ns}	4,7x10 ^{8ns}	14,3 ^{ns}	1,4 ^{ns}	10,9 ^{ns}	8,2 ^{ns}
Resíduo	18	5,47	5,40	4,77	1,33	10,53	8,05
CV %	-	7,26	21,09	19,52	9,32	24,49	6,17
Média Geral	-	32,23	110,21	11,19	12,38	13,25	45,67

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		Segundo ciclo					
		AP (cm)	AF (cm ²)	CC (cm)	DC (mm)	CR (cm)	DPA (cm)
Doses de Nitrato (DN)	4	9,68*	2,85 ^{ns}	6,83 ^{ns}	12,19*	24,78*	60,86**
Cultivar (C)	1	5,63 ^{ns}	4,49 ^{ns}	0,83 ^{ns}	33,43**	16,13 ^{ns}	3,33 ^{ns}
Interação (DN X C)	4	5,48 ^{ns}	4,05 ^{ns}	4,42 ^{ns}	6,72 ^{ns}	2,88 ^{ns}	6,60 ^{ns}
Blocos	2	10,90 ^{ns}	3,8x10 ^{7ns}	11,23 ^{ns}	2,12 ^{ns}	3,33 ^{ns}	37,97 ^{ns}
Resíduo	18	2,71	2,68	2,94	3,86	8,33	13,11
CV %	-	5,78	40,07	19,77	12,99	24,33	8,75

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F.

5.1.1 Altura de plantas

No que diz respeito à altura de planta (AP), o uso de solução nutritiva no sistema promoveu efeito linear crescente em ambos os ciclos da cultura. Para o primeiro ciclo, quando esta foi submetida à concentração de 125% de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (nitrato de cálcio), com um valor de 35,02 cm, promoveu um incremento médio de 14,82% em relação a concentração de 25%, que gerou um ganho médio de 29,4 cm. No intervalo entre as doses de 25% e 125%, a cada 1% de nitrato aumentou 0,056 cm na altura de planta (Figura 6).

Quando se relaciona esta variável com a concentração de 75% e 125% observa-se que houve uma diferença entre as médias, com ganhos de 32,16 cm e 35,83 cm respectivamente, verificando-se uma diferença média percentual de 10,24%. O aumento nas concentrações de nitrato de cálcio apresentou ajuste linear com um valor de $r = 0,92$.

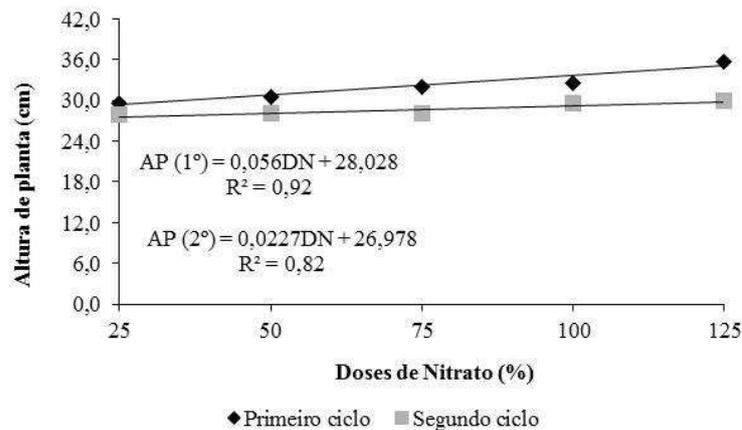


Figura 6 - Altura da planta (AP) para o primeiro ciclo e segundo ciclo de cultivo sob diferentes concentrações de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$

Para o segundo ciclo, observa-se que houve um incremento linear a medida que aumentou a concentração de nitrato de cálcio na solução nutritiva, por meio do qual o maior ganho para esta variável foi quando a planta foi submetida a concentração de 125% e a equação de ajuste da reta, com uma média de 29,81 cm. Já a concentração de 25% foi a que gerou o menor ganho para este parâmetro, com uma média de 27,91 cm com um incremento de 0,0227 cm de altura de planta por incremento unitário na dose de nitrato de cálcio.

O que possivelmente pode ter promovido efeito distintos sob a cultura, em função dos diferentes tratamentos, pode estar relacionado as diferentes concentrações da solução nutritiva, em que o crescimento da cultura está diretamente relacionado com a oferta de nutrientes.

Calori et al. (2014) ao avaliarem o crescimento da alface cultivar crespa Vera em sistema hidropônico sob diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva, observaram que o aumento na CE da solução nutritiva proporcionou um aumento linear na altura da planta até 1,6 dS / m e uma média de 21,0 cm.

Segundo Sala e Costa (2012), as características das plantas de alface como o diâmetro e a altura são importantes, pois fornecem informações para o acondicionamento das plantas para o transporte em caixas plásticas ou de madeira.

5.1.2 Comprimento de caule

Nota-se efeito significativo apenas para o primeiro ciclo à medida que elevou o nível de nitrato na solução nutritiva. Para dose de 125% verifica-se um valor médio de 13,03 cm. No entanto, por meio da derivada da equação de ajuste dos dados, esta dosagem promoveu um rendimento de 13,12 cm, já a dosagem de 25% promoveu um valor médio de 8,91 cm log por meio da derivada da equação de ajuste o incremento com essa dose foi de 9,45 cm, gerando uma diferença média percentual de 31,61% em função dos dados originais (Figura 7).

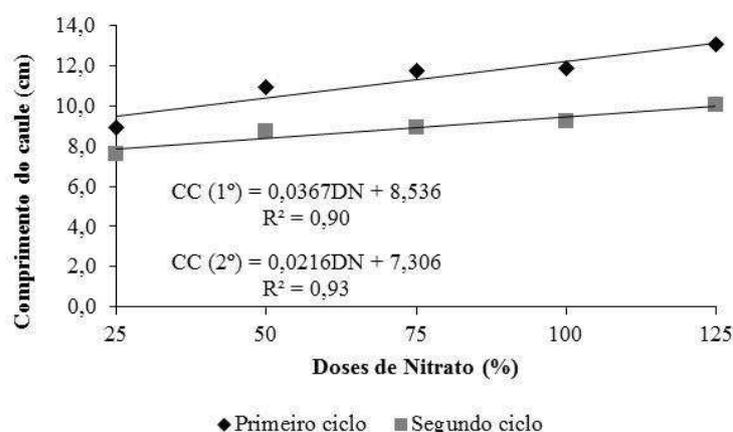


Figura 7. Comprimento do caule da alface cultivar sob diferentes doses de nitrato em sistema hidropônico no primeiro e segundo ciclo de cultivo.

Para fonte de variação cultivar, observa-se para comprimento do caule (CC) que a cultivar Bs 55 foi a que diferiu estatisticamente com um rendimento de 12,46 cm, enquanto

que a Robusta apresentou um rendimento de 9,91 cm com uma diferença média percentual de 20,5% (Figura 8).

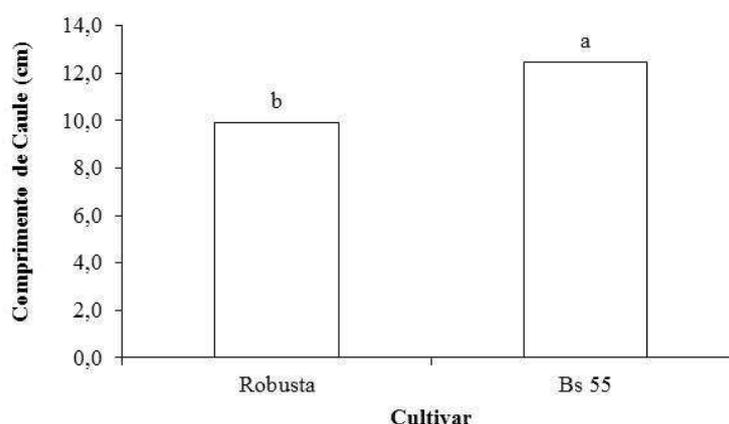


Figura 8. Comprimento do caule de cada cultivar avaliada para o primeiro ciclo de cultivo em função das diferentes doses de nitrato

Com relação aos valores dos coeficientes de variação, todas as variáveis apresentaram um valor considerado muito bom para o cultivo em ambiente protegido, evidenciando que existe pouca dispersão dos dados, exceto a variável comprimento do caule que apresentou um coeficiente de variação de 19,52% (Pimentel, 1985).

5.1.3 Diâmetro do caule

Para o primeiro ciclo, as diferentes doses de nitrato na solução nutritiva promoveram efeito linear crescente, com maior ganho para variável com aplicação da maior dose de nitrato (125%) com um ganho médio de 13,68 mm, gerando uma diferença média percentual de 18,84%, 10,4% em relação à concentração de 75% que proporcionou um ganho médio de 11,20 mm. Desta forma, por meio da equação de ajuste dos dados para cada incremento unitário na dose de nitrato, obteve-se um ganho de 0,0256 mm. Com relação ao segundo ciclo, verifica-se efeito semelhante ao primeiro, que por meio da dosagem de 125% obteve-se uma média de 17,4 mm e para dosagem de 100% um valor médio de 15,43 mm representando, assim, uma diferença média percentual de 11,32% (Figura 9).

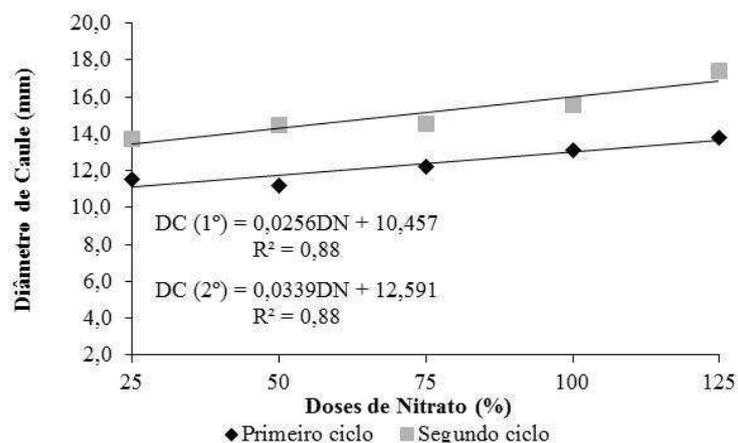


Figura 9 - Diâmetro de Caule (DC) para o primeiro ciclo e segundo ciclo de cultivo sob diferentes concentrações de $\text{Ca} (\text{NO}_3^-)$

O que provavelmente pode ter provocado esse efeito foi à disponibilidade crescente de nitrogênio na solução nutritiva, que em excesso pode vir a promover redução no rendimento vegetativo da cultura. A fertilização excessiva deriva da salinização do solo para cultivo em campo. O mesmo efeito pode ser notado para o cultivo em sistema hidropônico, em que a resposta das plantas à salinidade se caracteriza como uma combinação de alguns fatores, como: redução na turgescência, condição fisiológica que afeta a condutância estomática e a expansão celular, que limita o crescimento da cultura devido à taxa de fotossíntese, acúmulo de sais ou íons específicos que podem afetar diretamente a produção de metabolitos primários (Munns e Tester, 2008; Endo et al., 2011).

Para o fator cultivar isoladamente, nota-se que as mesmas diferiram estatisticamente entre si a 1% de probabilidade apenas para a variável diâmetro de caule (DC), com um quadrado médio de 33,43. Observa-se que na interação entre os fatores concentrações de nitrato e cultivares que não houve efeito significativo para nenhuma das variáveis avaliadas (Figura 10).

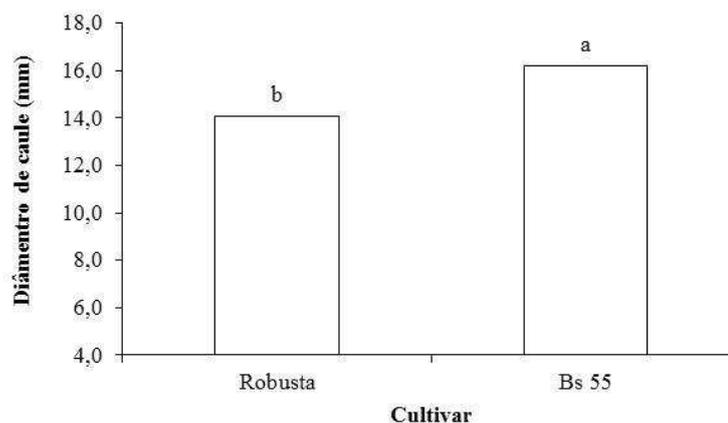


Figura 10 - Diâmetro do Caule das diferentes cultivares avaliadas (Robusta e Bs 55) em função das diferentes concentrações de nitrato para o segundo ciclo.

Com relação ao diâmetro de caule (DC) para fonte de variação cultivar, observa-se que a cultivar Bs 55 foi a que apresentou maior rendimento de 16,19 mm, enquanto que a Robusta apresentou um rendimento de 14,08 mm, com uma diferença média percentual de 13%. Tal efeito pode estar associado ao aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, que promove redução no rendimento das culturas, sendo que esses efeitos podem variar em função das características genéticas de cada cultivar, afetando de maneira menos intensa àquela que possui maior tolerância ao estresse.

Santi et al. (2013) avaliaram o desempenho agrônomico de alface adubada com torta de filtro (resíduo de açúcar e álcool indústria) e mais uma dose de 150-300-90 kg ha⁻¹ de N-P-K em ambiente protegido e encontraram valores médios de 18, 17 e 16 mm para variável diâmetro do caule para as cultivares Rafaela, Júlia e Tainá, respectivamente.

Destaca-se que as plantas expostas ao incremento salino reduzem o consumo de água, esse estresse compromete a eficiência do uso da água e seu conteúdo relativo. Além disso, por restringir o crescimento da área fotossinteticamente ativa da planta, também minimiza a fixação de carbono e conseqüentemente a produção de biomassa (Negrão et al., 2016). Essas desvantagens refletem não apenas na produção mas também nas funções fisiológicas da planta.

5.1.4 Comprimento da raiz

Com relação a comprimento de raiz, para o primeiro ciclo, o menor incremento foi observado quando foi aplicado a dosagem de 125% de nitrato com um valor médio de 17,00cm. Já a dosagem de 100% promoveu um incremento de 15,66 cm, gerando uma diferença média percentual de 7,88% por meio da equação de ajuste dos dados a cada aumento de 1% na dosagem de nitrato de cálcio verifica-se um ganho de 0,0723 cm.

Quando relaciona-se o rendimento desta variável quando aplica-se a dosagem de 25%, verifica-se um ganho de 9,33 cm, que em relação ao incremento de quando se aplicou 125% nota-se uma diferença média percentual 45,11% (Figura 11).

Para o segundo ciclo, verifica-se efeito semelhante ao observado no primeiro, que com o uso da equação de ajuste dos dados, a dosagem de 125% foi a que promoveu o maior ganho. Com um incremento de 15,35 cm e a dosagem de 100% gerou um valor de 13,5 cm. Os ganhos reais para cada dosagem foi de 15,73 e 13,5 cm respectivamente, promovendo uma diferença média percentual de 14,28% nos dados originais (Figura 11).

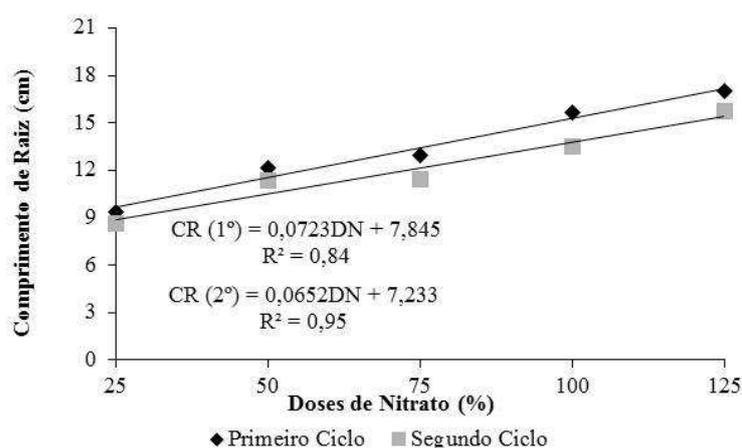


Figura 11 - Comprimento da raiz para o primeiro (A) e segundo (B) ciclo para as diferentes doses de nitrato

Observa-se que à medida que foi realizado o incremento na dose de nitrato houve efeito positivo para esta variável. Em estudo realizado por Lenz et al. (2017) em sistema aquapônico com diferentes cultivares de alface (roxa, lisa e crespa) e observou-se que a variável comprimento das raízes demonstrou haver interação entre a salinidade, bem como com as diferentes cultivares avaliadas.

No que diz respeito a fonte de variação cultivar para o comprimento da raiz (CR), houve diferença estatística entre as cultivares, enquanto o maior rendimento foi para a cultivar Robusta com um valor médio de 14,86 cm, a Bs 55 apresentou um valor médio de 11,63 cm promovendo uma diferença média percentual de 21,73% (Figura 12).

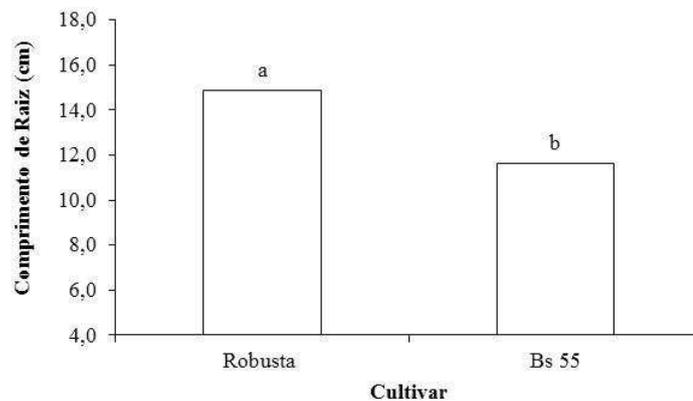


Figura 12 - Efeito das diferentes concentrações de nitrato com relação ao comprimento da raiz para as cultivares Robusta e Bs 55 no primeiro ciclo.

Tal efeito pode estar atrelado às questões de adaptabilidade das diferentes cultivares sob condições de estresse. Seus efeitos são distintos em função da variedade da cultura e consequentemente afetam de maneira isolada os diferentes órgãos da planta.

De acordo com Paulus et al. (2010), o incremento salino na água de irrigação sobre diferentes cultivares de alface pode variar em função das características de cada cultivar, em resposta aos níveis de salinidade, condições climáticas que regem a demanda hídrica da cultura que está diretamente relacionado ao potencial osmótico de cada cultivar em estudo.

Desta forma, no presente estudo, infere-se que a aplicação de diferentes concentrações de nitrato pode afetar de maneira isolada cada cultivar. Os efeitos sentidos pela cultura podem variar em função de suas características genéticas. No que diz respeito a seus aspectos fisiológicos de aclimação, o estresse sentido está relacionado ao incremento salino da solução nutritiva.

Monteiro Filho et al. (2017) avaliaram o efeito de diferentes recomendações de solução nutritiva de base mineral e organomineral modificadas para o cultivo hidropônico de três cultivares de alface crespa (Thaís, Vanda e Verônica) e observaram que a recomendação de Furlani e as soluções organominerais, exceto a de Castellane & Araújo modificada, foram as que geraram os maiores incrementos para comprimentos de raízes. No entanto, o menor rendimento para área foliar foi obtida pela solução organomineral recomendada por Ueda. A cultivar Verônica apresentou os maiores comprimento de raiz e diâmetro caulinar.

5.1.5 Diâmetro da parte aérea

Nota-se que para o primeiro ciclo não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, no entanto, para o segundo observa-se efeito significativo das diferentes concentrações de nitrato a nível de 1% de probabilidade.(Figura 13).

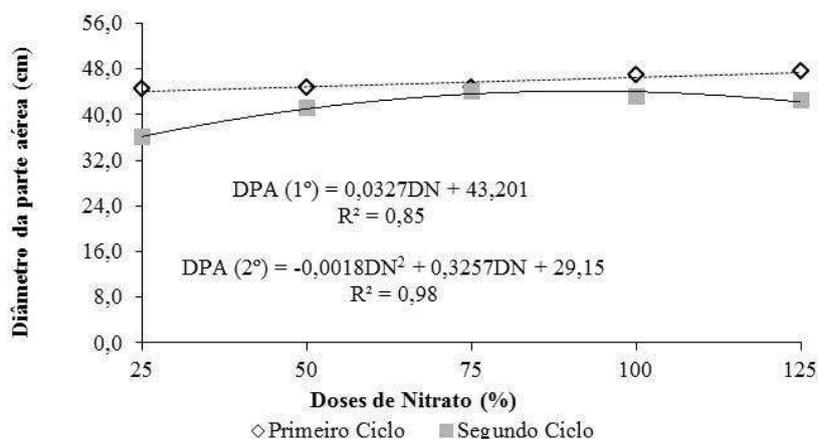


Figura 13 - Diâmetro da parte aérea da alface cultivada sob diferentes doses de nitrato em sistema hidropônico no segundo ciclo

Observa-se - que houve um efeito quadrático para o segundo ciclo em função das diferentes doses de nitrato, sendo que por meio da derivada da equação de ajuste a dose de 90,47% foi a que proporcionou um maior rendimento para esta variável com um valor médio de 43,88 cm de diâmetro. A dosagem de 25% foi a dose que apresentou o menor rendimento, com um valor médio de 36,0 cm de diâmetro por planta, com uma diferença média percentual de 17,95%.

Guimarães et al. (2016) ao estudarem o efeito de diferentes condutividades elétricas de água de irrigação (1,2; 2,2; 3,2 e 4,2 dSm^{-1}) em sistema aquapônico no cultivo de alface, observaram que o aumento da condutividade elétrica da água promoveu redução no rendimento médio no diâmetro da parte aérea das cultivares Vera, Lavínia, Isabela e Regina.

Cardoso et al. (2015), que trabalharam com diferentes concentrações de nitrogênio na solução nutritiva, observaram que o aumento da concentração de N favoreceu o crescimento da parte aérea da planta com condições de confinamento das raízes em um volume limitado. Os efeitos negativos na planta de alface podem ser compensados aumentando a disponibilidade de N.

5.2 Variáveis de produção comercial

Por meio do resumo da análise de variância, verifica-se que as diferentes concentrações de nitrato promoveram efeitos significativos a nível de 1 e 5% de probabilidade para variáveis de massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do caule (MFC) e número de folhas (NF). Para o segundo ciclo foram significativas a massa fresca da folha (MFF) e (MFC) massa fresca do caule (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise de variância das diferentes concentrações de nitrato para cultivar da alface crespa para as variáveis de massa fresca das folhas (MFF), massa fresca do caule (MFC) e número de folhas (NF) para o primeiro e segundo ciclo.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio					
		Primeiro ciclo			Segundo ciclo		
		MFF	MFC	NF	MFF	MFC	NF
Doses de Nitrato (DN)	4	1321,6**	26,27*	28,13**	2638,79*	46,13*	22,62 ^{ns}
Cultivar (C)	1	361,71 ^{ns}	48,05**	8,53 ^{ns}	3338,86*	52,27 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Interação (DN X C)	4	295,52 ^{ns}	15,26 ^{ns}	4,70 ^{ns}	1558,22 ^{ns}	32,84 ^{ns}	2,62 ^{ns}
Resíduo	18	195,42	8,48	3,48	690,68	15,32	19,25
CV %	-	15,86	21,80	10,33	23,01	30,63	20,54
Média Geral	-	88,15	13,36	10,07	114,22	12,78	21,37

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F. GL – grau de liberdade, CV – coeficiente de variação.

5.2.1 Massa fresca das folhas

Acerca do efeito das diferentes doses de nitrato na produção comercial, para a massa fresca das folhas para o primeiro e segundo ciclos de cultivo, observa-se efeito linear semelhante, de forma que para o primeiro ciclo a dosagem de 125% promoveu um ganho de 111 g, já a dosagem de 25% proporcionou um ganho de 72,6 g; gerando uma diferença média percentual de 34,59%. Assim, por meio da derivada da equação de ajuste dos dados, verifica-se que a cada incremento unitário de nitrato houve um ganho de 0,3636 g para o segundo ciclo. Quando a alface foi cultivada em solução com 25% de nitrato o ganho foi de 95,53 g ,

já com a dosagem de 125% foi de 144,59 g causou um ganho médio percentual de 33,79% (Figura 14).

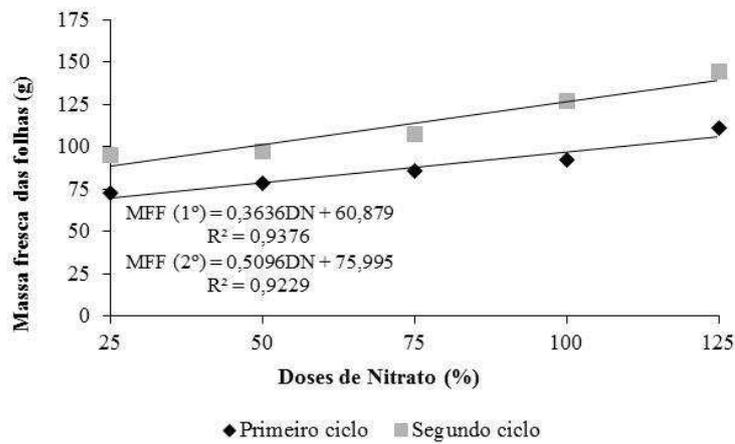


Figura 14 - Comprimento da raiz para o primeiro e segundo ciclo para as diferentes doses de nitrato

O controle das características químicas da solução nutritiva pode ter favorecido no rendimento produtivo da cultura, independentemente da época de cultivo, por meio do qual foi realizada a aferição diária da condutividade elétrica da solução.

Para obter altos rendimentos no cultivo hidropônico deve-se ter um controle sobre as variações da condutividade elétrica, do pH e temperatura da solução nutritiva para se obter um alto rendimento da cultura em qualquer época do ano (Bezerra Neto e Barreto, 2012).

Com relação a fonte de variação cultivar, observa-se que a Bs 55 foi a que apresentou um maior rendimento com ganho médio de 124,77 g, enquanto que a Robusta apresentou um rendimento de 103,67 g, gerando uma diferença média percentual de 16,9% (Figura 15).

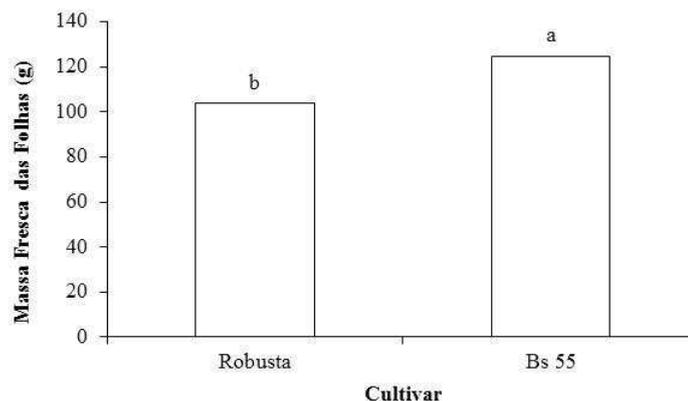


Figura 15. Massa fresca das folhas das diferentes cultivares avaliadas (Robusta e Bs 55) em função das diferentes concentrações de nitrato para o primeiro ciclo

O efeito verificado pode estar associado à maneira com que a cultivar consegue se aclimar as condições que estão submetidas, desde a variação da condutividade elétrica (CE), do pH e as variáveis externas, como a oscilação da temperatura da solução nutritiva, temperatura do ambiente que pode afetar diretamente a absorção de água pelas plantas.

A temperatura pode interferir de maneira significativa no desenvolvimento da alface, alterando sua arquitetura, produção e firmeza ao pendoamento (Diamante et al., 2013), sendo esta variável climática um dos principais fatores limitantes ao desempenho dessa cultura, principalmente quando o cultivo é em solo, podendo submeter a cultura a uma condição de estresse; aumentando o metabolismo, impedindo a absorção de (Santos et al., 2010b).

Araujo et al. (2011) em estudo com a alface crespa cv. Verônica, cultivada em função de doses crescentes de nitrogênio aplicadas via fertirrigação, observaram que a massa fresca das folhas apresentou uma relação linear decrescente, onde a aplicação de doses crescentes de nitrogênio, sendo o tratamento sem adição de N, obteve o maior rendimento de 187,67 g planta⁻¹.

De acordo com Cometti et al. (2008) a variável massa fresca das folhas é importante, uma vez que muitos produtores hidropônicos vêm oferecendo o produto minimamente processado, na forma de folhas destacadas, lavadas e embaladas em bandejas, de maneira que o mais relevante não é mais a produção da “cabeça” de alface, mas, sim, a massa de folhas pela qual as embalagens são padronizadas.

5.2.2 Massa Fresca do Caule

Com relação à massa fresca do caule, observa-se o efeito semelhante a variável massa fresca das folhas no primeiro e segundo ciclo sob as doses crescentes de nitrato. Para o primeiro ciclo, a dose promoveu o maior incremento, que foi o percentual de 125% com um valor médio de 16,91 g. Já para a dosagem de 25% o rendimento foi de 11,57, gerando uma diferença média percentual de 31,57%. Para cada aumento unitário na dosagem de nitrato, por meio da derivada da equação de ajuste dos dados, verifica-se um ganho de 0,0472 g, com efeito semelhante para o segundo ciclo que teve um ganho de 16,79 para a dosagem de 125% e de 10,09 para a de 25% com uma diferença média percentual de 39,9% (Figura 16).

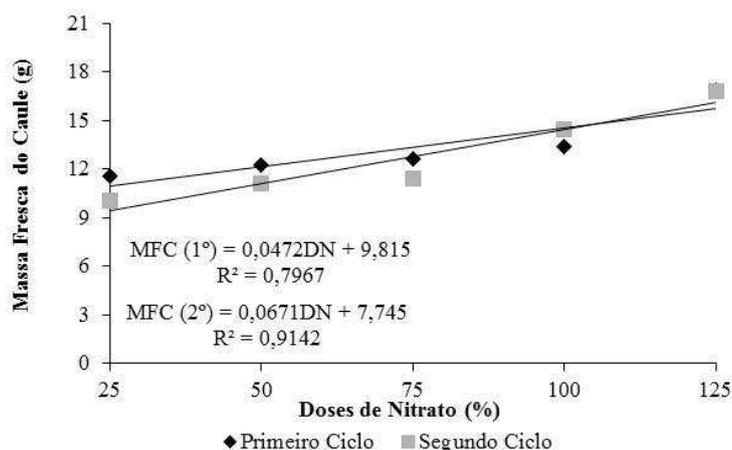


Figura 16 - Rendimento da massa fresca do caule da alface cultivada em sistema hidropônico sob doses de nitrato para o primeiro e segundo ciclos.

O aumento sucessivo na disponibilidade de nitrato na solução hidropônica pode ter afetado positivamente o rendimento desta variável, uma vez que o macronutriente primário nitrogênio é o mais requerido pela cultura no que diz respeito a desenvolvimento da planta, sendo por sua vez necessário para desencadeamento de diversas reações bioquímica e fisiológicas essenciais.

O nitrogênio é um nutriente que influencia os processos envolvidos no crescimento e desenvolvimento das plantas alterando a relação fonte-dreno e, conseqüentemente, a distribuição de assimilados entre órgãos vegetativos e reprodutivos (Pôrto et al., 2014).

Para a fonte de variação cultivares este fator avaliado isoladamente, nota-se que a massa fresca do caule (MFC) diferiu estatisticamente entre si a 1 % para o primeiro ciclo de cultivo (Figura 17).

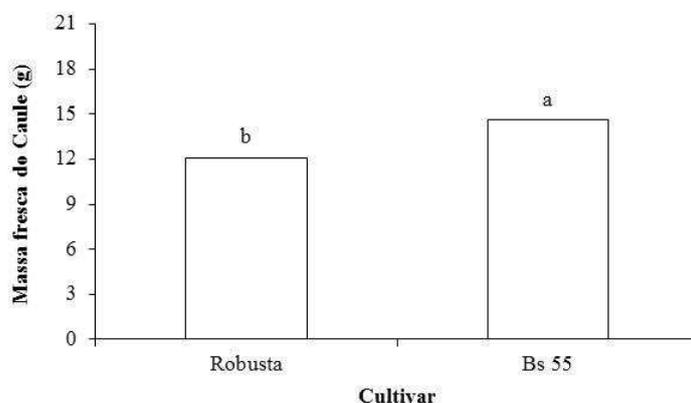


Figura 17 - Massa fresca do Caule das diferentes cultivares avaliadas (Robusta e Bs 55) em função das diferentes concentrações de nitrato para o primeiro ciclo.

Verifica-se que a cultivar Bs 55 foi a que apresentou um maior rendimento, com ganho médio de 14,62 g, enquanto que a Robusta apresentou um rendimento de 12,09 g, com uma diferença média percentual de 17,3%.

O efeito da maior massa fresca do caule pode estar associada a adaptabilidade da cultivar ao aumento da condutividade elétrica da solução nutritiva, fato que pode estar associado em função das características genéticas..

Farias et al. (2015) ao estudarem os efeitos de diferentes níveis de adubação nitrogenada e boratada no cultivo de três variedades de alface crespa, observaram que a dosagem de 100 kg ha⁻¹ de N, sem adição de boro, promoveu maior rendimento aos demais para a cultivar Grand Rapids - TBR para massa fresca do caule. As cultivares Simpson Semente Preta teve o seu maior valor para dose de 100 kg ha⁻¹ de N com adição de boro, já a cultivar Itapuã 401 teve o seu maior valor para a dose de 200kg ha⁻¹ de N sem adição de boro para o parâmetros massa fresca caule.

5.2.3 Número de Folha

Para o número de folhas, verifica-se que não houve efeito significativo dos tratamentos para o segundo ciclo de cultivo. Já para o segundo nota-se um incremento linear em função das diferentes doses de nitrato sendo que, por meio da equação de ajuste, a dose de 125% foi a que promoveu o maior ganho para esta variável com um valor médio de 20,6 folhas por planta. A dosagem de 25% foi a que afetou negativamente o rendimento da cultura com um valor médio de 15,5 folhas por planta, com uma diferença média percentual de 24,75%.(Figura 18).

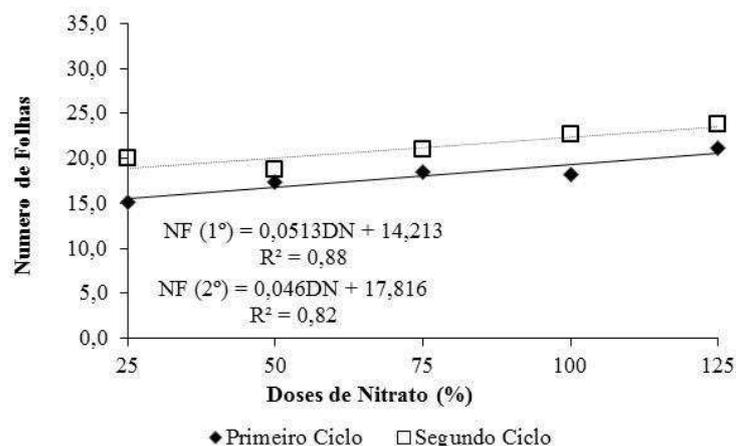


Figura 18 - Número de folhas de alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato para o primeiro ciclo.

Assim, infere-se que o que pode ter promovido tal efeito foi o período de cultivo, por meio do qual, o primeiro ciclo foi no mês de abril, período mais quente, com um maior fotoperíodo; enquanto junho (segundo ciclo) é caracterizado na região por ser mais frio e com menor incidência de radiação.

Fernandes et al. (2018) avaliando o efeito de diferentes níveis salinos no cultivo da alface americana em sistema hidropônico, observaram uma redução no número de folhas com o incremento salino, desta forma, o presente trabalho apresenta resultados que corroboram aos observados no estudo citado. Vários autores reportam os efeitos da salinidade sobre o crescimento e desenvolvimento da alface (Dantas et al., 2010 e Moraes et al., 2014).

Em estudo realizado por Dias et al. (2011), onde avaliaram o efeito do uso de rejeito oriundo do processo de dessalinização no cultivo da alface crespa sob substrato de fibra de coco, observaram que à medida que houve o incremento na concentração de sais houve uma redução significativa para variável número de folhas para cultivar Verônica, já para cultivar quatro estações verificaram um efeito positivo quadrático.

Peixoto Filho et al. (2013) analisaram o desempenho da alface com a aplicação de três adubos orgânicos: esterco de frango, bovino e ovino, com cinco doses para cada tipo esterco. As plantas foram fertilizadas com doses de 150% e 200% t ha⁻¹ de esterco de frango, levando em consideração a concentração de nitrogênio total presente nesses biofertilizantes. Nesse contexto, os autores verificaram um rendimento de 17 folhas por planta para esterco ovino, com as mesmas dosagens foram encontradas 17,5 folhas e bovino 20,5 folhas respectivamente.

Em estudo realizado por Souza et al. 2017 com alface crespa, variedade Vera, a fertirrigação com doses crescentes de nitrogênio influenciou positivamente de modo linear para variável número de folhas, com um valor médio de 19,27 folha por planta quando foi aplicada a dosagem de 171 kg ha⁻¹ de N.5.3 Produção (Fitomassa e Biomassa)

Verifica-se por meio do resumo da análise de variância que houve efeito significativo para fonte de variação doses de nitrato, cultivares e interação (doses de nitrato x cultivar) sob as variáveis de fitomassa e biomassa da alface cultivada em sistema hidropônico a nível de 1 e 5 % de probabilidade (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância das diferentes concentrações de nitrato para o cultivo da alface crespa para as variáveis de massa fresca da raiz (MFR), massa seca da folha (MSF), massa seca do caule (MSC) e massa seca da raiz (MSR) para o primeiro e segundo ciclo de cultivo.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio							
		Primeiro ciclo				Segundo ciclo			
		MFR	MSF	MSC	MSR	MFR	MSF	MSC	MSR
Doses de Nitrato (DN)	4	28,60**	3,10**	0,07 ^{ns}	0,08**	54,68*	7,80**	0,11**	5,54 ^{ns}
Cultivar (C)	1	65,68**	1,93*	0,06 ^{ns}	0,14**	1,23 ^{ns}	2,29 ^{ns}	0,02 ^{ns}	8,24 ^{ns}
Interação (DN x C)	4	13,57*	0,77 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,05**	25,85 ^{ns}	1,05 ^{ns}	0,03 ^{ns}	5,80 ^{ns}
Resíduo	18	3,63	0,41	0,02	0,01	17,36	1,51	0,02	6,59
CV %	-	11,42	6,53	30,12	12,62	18,60	11,23	25,69	15,79
Média Geral	-	16,70	9,76	0,57	0,87	22,40	10,94	0,60	16,48

^{ns} - Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; *, ** Significativo em nível de ,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente, pelo Teste F. GL – grau de liberdade, CV – coeficiente de variação.

O que pode ter causado tal efeito sob a cultura estudada é o fato de que a medida em que se aumentou a dosagem de nitrato influenciou também a condutividade elétrica da solução nutritiva, uma vez que a variável independente é um sal e quando aplicado de maneira crescente pode promover efeitos deletérios, mesmo após a cultura ter se ajustado

osmoticamente, fenômeno que já causa um estresse e conseqüentemente gasto de energia por parte da planta.

Gondim et al. (2010) avaliaram o efeito das diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico NFT, constataram que a fitomassa total apresentou resposta quadrática à medida que houve o incremento na CE da solução, atingindo o máximo de 100,4 g com 2,68 mS cm⁻¹, sendo que, a partir dessa CE, houve redução no rendimento da cultura, que nesse caso seria considerada uma estimativa da salinidade limiar.

5.3.1 Massa Fresca das Raízes

As diferentes doses de nitrato afetaram a biomassa das raízes no primeiro e segundo ciclos, de forma que para o primeiro ciclo a dosagem de 100% proporcionou um ganho de 19,09 g logo quando aplicou-se a dosagem de 25 % o incremento foi de 13,85 g, promovendo uma diferença média percentual de 30,4% .O aumento de 1% na dosagem de nitrato de cálcio promove um ganho de 0,048 g, logo, o incremento verificado no segundo ciclo, a dosagem de 125 % gerou um ganho de 25,43 g, enquanto que com a dosagem de 25 % rendeu 18,07 g, mostrando, assim, que houve um ganho de 28,9% (Figura 19).

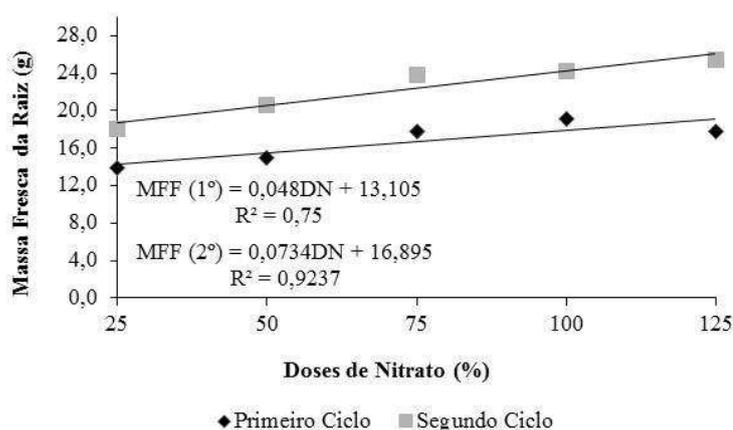


Figura 19 - Massa fresca da raiz para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato para primeiro ciclo e segundo ciclo.

Essa divergência no efeito das doses de nitrato para ambos os ciclos de cultivo pode estar atrelado ao fator ambiental, uma vez que o primeiro ciclo da cultura foi conduzido em um período com temperatura mais elevadas, com temperatura média de 26,6 °C. Para o segundo ciclo foi de 25,3 °C, apresentando uma amplitude térmica de 1,3 °C.

De acordo com estudo realizado por Gomes et al. (2005), a mesma alface sendo cultivada em todo território nacional, existem restrições quanto ao seu desenvolvimento, principalmente no que diz respeito as condições agroclimáticas a que a mesma possa estar submetida. Condições meteorológicas pouco favoráveis, com temperaturas inferiores a 10 °C e superiores a 20 °C e intensa radiação podem favorecer o pendoamento precoce das plantas, formar cabeças pouco compactas e conseqüentemente afetar negativamente seu rendimento produtivo e econômico da cultura (Turini et al., 2011).

Para o fator cultivar isoladamente, nota-se que as cultivares Robusta e Bs 55 diferiram estatisticamente entre si a 1 % para a massa fresca e seca da raiz para o primeiro ciclo de cultivo, assim, nota-se que a massa fresca da raiz para cultivar Robusta apresenta um valor médio de 18,18 g e a cultivar Bs 55 apresenta 15,22 g, com uma diferença percentual de 16,28% (Figura 20).

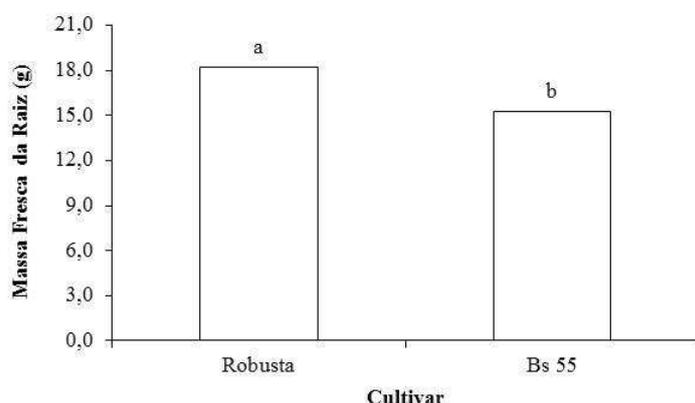


Figura 20 - Massa fresca da raiz (A) e massa seca da raiz (B) para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato no primeiro ciclo de cultivo

O fato pelo qual as diferentes variedades de alface diferiram estatisticamente em função das doses crescentes de nitrato pode estar relacionado não somente com as características genéticas da cultura, mas também com relação as condições climáticas, bem como as formas de manejo do sistema hidropônico.

Blat et al. (2011) ao estudarem o rendimento da alface em dois ambientes distintos constataram que houve uma maior em casa de vegetação convencional em comparação a automatizada, pois a primeira promoveu maior transpiração das plantas motivada pela maior incidência da radiação solar, traduzindo em fotossíntese e conseqüentemente maior produção de biomassa, evidenciando que o fator ambiente é considerado limitante no rendimento da cultura.

Para a interação doses de nitrato x cultivar (DNxC) observa-se que houve efeito significativo para massa fresca. Nota-se efeito oposto com relação as cultivares através do qual a cultivar Robusta se sobressaiu em relação a Bs 55 (Figura 21).

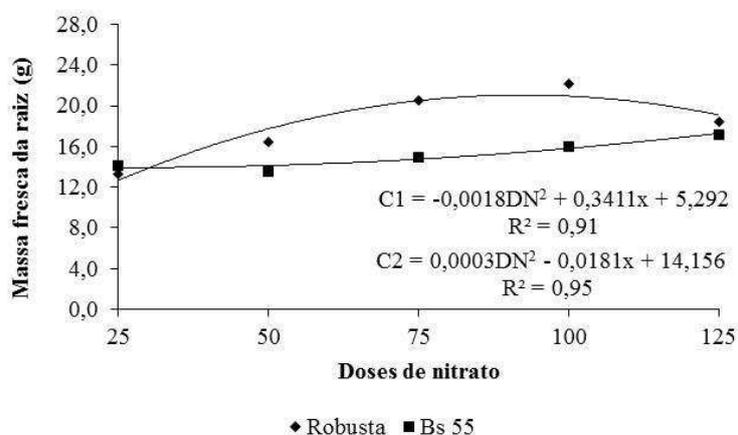


Figura 21 - Massa fresca das raízes e massa seca das raízes (B) para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato no primeiro ciclo de cultivo.

O rendimento médio para massa fresca da raiz foi positivo quando a cultivar Robusta foi submetida a dosagem de 100% de nitrato com um incremento médio de 22,19 g. Para a cultivar Bs 55 o melhor rendimento foi obtido quando a mesma foi submetida a dosagem de 125% com um ganho de 17,15 g, gerando uma diferença média percentual de 22,7% para ambas as cultivares. Ao menor rendimento, foi obtido quando se aplicou 25% da dosagem recomendada, promovendo os incrementos de 13,32 para Robusta e 14,14 para Bs 55, gerando a diferença média percentual de 5,79%. No entanto, quando utiliza-se a equação de ajuste dos dados por meio da derivada, o rendimento máximo da cultivar robusta foi quando aplicou-se a dosagem de 94,75% e para cultivar Bs 55 foi de 30,16%.

Esse efeito pode estar ainda associado às características genéticas de cada cultura, que se comportam de maneira distinta quando submetidas a diferentes condições de aclimação, o que leva as plantas a tentarem se adaptar de maneira distinta a fim de tentar não afetar negativamente o seu rendimento produtivo.

Segundo Brzezinski et al. (2017), a forma com que os tratamentos afetam a cultura em questão pode provavelmente estar relacionada com a carga genética de cada cultivar, por meio da qual cada uma pode responder de maneira distinta a determinada situação, seja sob seus parâmetros fisiológicos, bioquímicos ou anatômicos.

5.3.2 Massa Seca das Folhas

No que respeito à massa seca das folhas observa-se que para o primeiro ciclo o modelo matemático linear foi o que melhor se enquadrou, com um rendimento de 9,01 g para dosagem de 25 %. Quando a cultura foi submetida a dosagem de 125 % observa-se um ganho de 10,07 g, com uma diferença percentual média de 15,79 % . Para o segundo ciclo verifica-se efeito semelhante ao primeiro ciclo. No entanto, para a dosagem de 125 % promoveu um rendimento de 12,74 g, já a dosagem de 25 % com um efeito negativo com rendimento médio de 9,68 g, gerando uma diferença média percentual de 24,01 % (Figura 22).

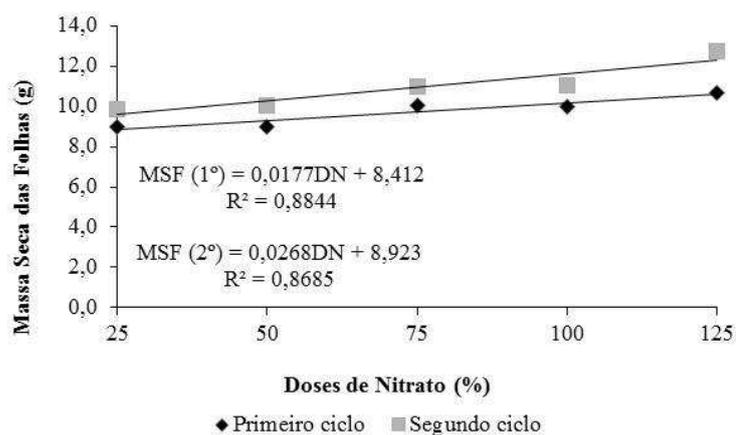


Figura 22 - Massa seca das folhas para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato para primeiro ciclo e segundo ciclo.

As doses crescentes de nitrato possivelmente podem ter afetado positivamente a produção da fitomassa das folhas, uma vez que o macronutriente nitrogênio é um dos que mais podem limitar o desenvolvimento das culturas, principalmente aquelas que não realizam associação simbiótica Espidula et al. (2010). Sua importância é evidenciada principalmente por sua efetiva participação em vias metabólicas na formação de ATP (adenosina trifosfato), NADH (Dinucleotídeo de nicotinamida e adenina) e NADPH (Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato), clorofilas, proteínas, ácidos nucleicos e enzimas Taiz & Zeiger (2013).

Cardoso et al. 2015 ao avaliarem o rendimento da alface cultivado em vaso sob diferentes concentrações de nitrogênio, observaram que a massa seca da parte aérea foi afetada positivamente e que a equação de ajuste dos dados se mostrou com um

comportamento polinomial positivo em função do incremento das concentrações de nitrogênio, sendo a concentração de 10 mmL^{-1} a melhor concentração.

Para o fator cultivar, nota-se que houve significativo das diferentes doses de nitrato sobre as cultivares, sendo que a cultivar Robusta se sobressaiu sobre a Bs 55, por meio da qual a Robusta obteve um ganho de 10,01 g. A cultivar Bs 55 obteve um ganho de 9,51, favorecendo uma diferença média percentual de 4,99 % (Figura 23).

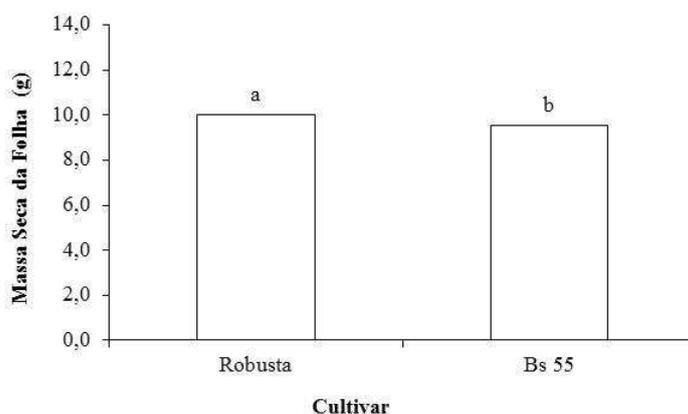


Figura 23 - Massa seca das folhas para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato no primeiro ciclo de cultivo.

Nota-se que para esta variável a diferença percentual média entre elas foi pequena, de 4,99%, mesmo tratando-se de duas cultivares distintas. Desta forma, o que possivelmente pode ter provocado tal efeito foram as características fisiológicas e genéticas intrínsecas a cada cultivar.

Em estudo realizado por Guimarães et al. (2016) com sete cultivares de alface lisa sob fertirrigação com níveis crescentes de condutividade elétrica da água de irrigação, observaram que cultivares Regiane e Elisa se destacaram das demais para as variáveis número de folhas e área foliar. No entanto, não diferiram estatisticamente entre si para cultivar Lavínia no que diz respeito ao diâmetro variável da copa, já as cultivares Amélia e Angelina obtiveram maiores rendimentos de massa fresca e seca da parte aérea em relação às demais.

5.3.3 Massa Seca da Raiz

Com relação à massa seca da raiz (MSR), verifica-se que o efeito das diferentes doses de nitrato afetou positivamente esta variável com um incremento produtivo até o

nível de 75 % com um valor de 0,96 g, tornando-se para a dosagem de 100 %. Logo, a partir desse valor, observa-se uma redução no ganho de massa seca da raiz com um valor médio de 0,95 g, por meio do qual a dosagem de 25 % favoreceu um ganho de 0,69 g, enquanto a de 100 % foi de 0,95g, gerando uma diferença média percentual de 27,36 % (Figura 24).

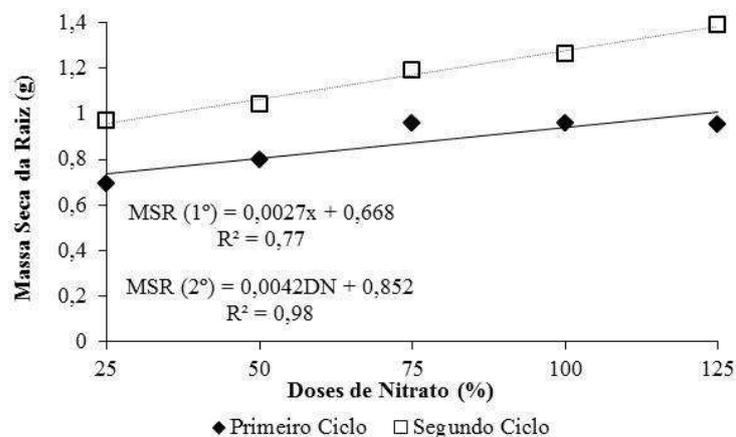


Figura 24 - Massa seca da raiz para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato para primeiro e segundo ciclo.

A aplicação em excesso de um nutriente pode afetar negativamente o rendimento da cultura porque, além de causar estresse nutricional, também pode causar déficit de outro nutriente pelo fenômeno de antagonismo, como por exemplo, o excesso de potássio pode inibir a absorção de nitrogênio quando fornecido em sua forma amoniacal.

A aplicação de nitrogênio via irrigação aliada à adubação orgânica, que também é rica em nitrogênio, pode gerar decréscimo no desenvolvimento da alface a partir do momento em que o nitrogênio total disponibilizado esteja além das necessidades nutricionais da planta (Araújo et al., 2011).

No que diz respeito a fonte de variação cultivar, verifica-se que a cultivar Robusta foi afetada positivamente sobre as diferentes doses de nitrato em relação a cultivar Bs 55, gerando uma diferença média percentual de 14,89% em seu rendimento (Figura 25).

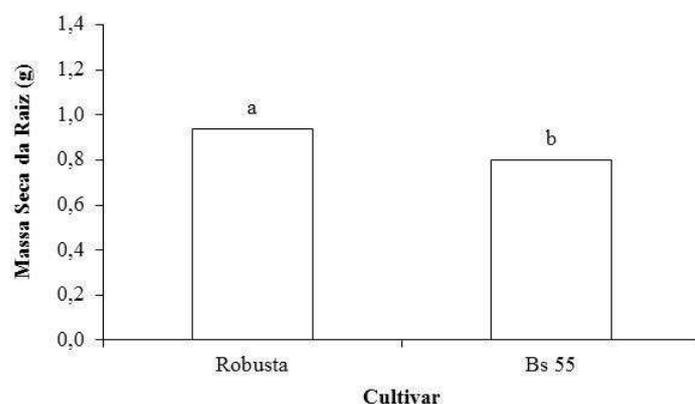


Figura 25 - Massa seca da raiz da alface da cultivar Robusta e Bs55 para cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato para o primeiro e segundo ciclo.

Infere-se que essa diferença no rendimento de cada cultivar pode estar relacionada principalmente as características genéticas, que faz com que cada uma reaja de forma distinta a determinado tipo de estresse, seja ele salino, térmico ou nutricional. Flowers & Flowers (2005) afirma que, de acordo com os estádios fenológicos da cultura, a tolerância à salinidade é controlada por mais de um gene, sendo altamente influenciado por fatores ambientais.

No que diz respeito ao desdobramento, verifica-se efeito semelhante, por ser observado também para variável MSR (Figura 21B), por meio do qual a cultivar Robusta também foi afetada positivamente pelos tratamentos em relação a cultivar Bs 55 (Figura 26).

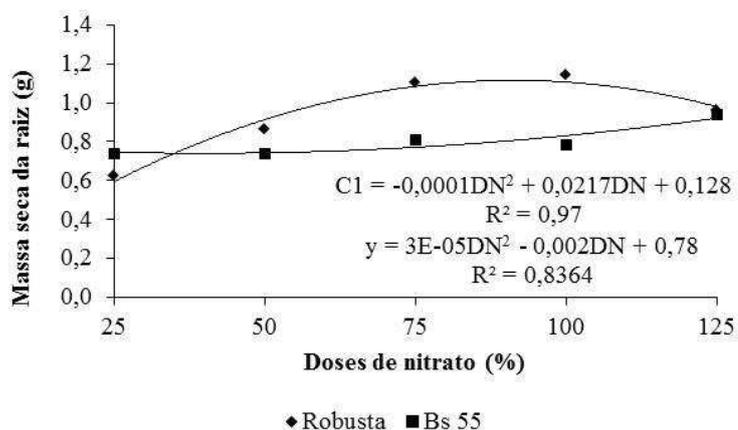


Figura 26 - Massa seca das raízes e massa seca das raízes para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato no primeiro ciclo de cultivo.

Assim verifica-se um rendimento de 1,14 g da cultivar Robusta quando cultivada em solução fertilizada com 100% de nitrato, já a cultivar Bs 55 quando cultivada na solução com a dosagem de 125% rendeu um ganho de 0,94 g, promovendo assim uma diferença média percentual de 17,5%, assim como para variável massa seca da raiz,

observa-se que a cultivar Robusta quando fertilizada com a solução com dosagem de 100% se sobressaiu sobre a Bs 55 quando aplicada a dosagem de 125%.

Por meio da derivação da equação de ajuste dos dados verifica-se que o maior rendimento da cultura foi quando a planta foi submetida a dosagem de 108,5% para a cultivar Robusta, já para Br 55 foi a dosagem de 33,33%.

Esse efeito pode estar associado tanto ao fator genético de cada cultivar como também no que diz respeito à técnica de cultivo utilizada, seja em campo ou em sistema hidropônico.

Em estudo realizado por Araújo et al. (2011) que avaliaram o efeito de doses crescentes de adubação nitrogenada em solo para cultivar Verônica para variável massa seca da raiz, observaram que houve efeito significativo da variável efeito sobre a cultura, promovendo um ganho de 0,639 g por planta, resultado que diverge do encontrado no presente estudo, por meio do qual, para cultivar Bs 55 o rendimento para esta variável foi de 0,94 g quando aplicada a dosagem de nitrogênio na forma de nitrato a 125% da dosagem recomendada.

5.3.4 Massa Seca do Caule

Para a massa seca do caule (MSC), nota-se o efeito positivo em relação ao incremento nas doses de nitrato, para dose de 125 % notou-se um valor médio de 0,79 g e para 25 % um valor médio de 0,47 g, gerando uma diferença média percentual de 40,5 % (Figura 25).

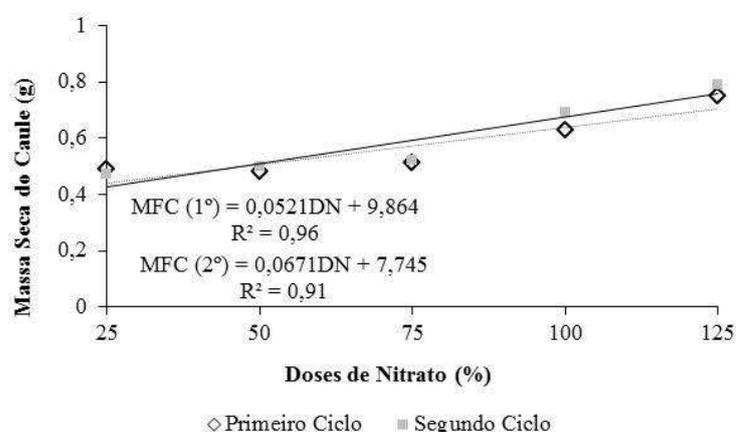


Figura 25 - Massa seca do caule para alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes doses de nitrato para o primeiro e segundo ciclo.

No que diz respeito à massa seca do caule, observa-se efeito das diferentes doses de nitrato apenas para o segundo ciclo. Tal efeito pode ser observado para variável diâmetro da parte aérea também no segundo ciclo, o resultado pode estar associado ao período em que o experimento foi conduzido no que diz respeito a ação das variáveis climáticas como, também, a concentração dos sais na solução nutritiva ao passar dos dias por meio do processo de evaporação da mesma.

5.4 Nitrato

As diferentes doses de nitrato de cálcio no cultivo hidropônico de alface afetou a concentração deste nas folhas frescas. Verifica-se que para o primeiro e segundo ciclo de cultivo, a cultivar Robusta acumulou menos nitrato que a Bs 55, com valores médios para o primeiro ciclo de 2042,03 e 2322,73 mg kg⁻¹, com uma diferença média percentual de 12,08%. já para o segundo ciclo observa-se efeito semelhante por meio do qual o acúmulo para cultivar Bs 55 foi de 1766,65 mg kg⁻¹ e para Robusta foi de 1357,10 mg kg⁻¹, promovendo uma diferença média percentual de 23,18%, isto para quando a cultura foi submetida a fertirrigação com a dose de 25% (Tabela 6).

Tabela 6. Concentração de nitrato nas folhas de alface da cultivar Robusta e Bs 55 cultivadas em sistema hidropônico e ambiente protegido.

Doses de Nitrato vs Cultivar	1° Ciclo	2° Ciclo
	Valor máximo permitido (3500 mgkg ⁻¹)	
Dose de 25% cv Robusta	2042,03	1357,10
Dose de 25% cv Bs 55	2322,73	1766,65
Dose de 50% cv Robusta	2616,25	1833,64
Dose de 50% cv Bs 55	2690,34	2107,83
Dose de 75% cv Robusta	2662,29	2209,66
Dose de 75% cv Bs 55	2873,52	2183,54
Dose de 100% cv Robusta	3162,77	2847,01
Dose de 100% cv Bs 55	3038,74	2762,45

Dose de 125% cv Robusta	3630,63	3211,56
Dose de 125% cv Bs 55	3443,28	3397,96

Os valores médios observados para concentração de nitrato nas folhas frescas de ambas as cultivares de alface avaliadas ficaram abaixo do que preconiza a Organização Mundial da Saúde (OMS), que limitam a concentração de NO_3^- em folhas de alface para consumo fresco a 4000 e 5000 mg kg^{-1} em base de peso fresco (fw) para o inverno e culturas de verão, respectivamente (Jornal Oficial da União Europeia, 2011).

Assim, infere-se que o que pode ter ocorrido para ocasionar tais efeitos são as características genéticas de cada cultivar, uma vez que cada uma responde de maneira distinta quando submetida a condições de nutrição, a alta disponibilidade no nutriente na solução nutritiva, bem como condições de manejo. No que diz respeito as condições climáticas, o primeiro ciclo de cultivo foi realizado entre os meses de abril e maio, meses com temperaturas mais altas, já para o segundo ciclo, o cultivo foi realizado entre os meses de junho e julho, período mais frio.

De acordo com Ohse (1999) os principais fatores que podem afetar o acúmulo de nitrato nas plantas são de procedência genética, com relação a fatores ambientais como temperatura, radiação, a forma de fornecimento do nitrogênio pela relação quantidade disponível e proporção de absorção, bem como da quantidade de molibdênio fornecido.

Em estudo realizado por Paulus et al. (2012) para determinar os teores de nitrato em alface cultivada em sistema hidropônico sob água de diferentes salinidades, observaram que o teor de nitrato foi abaixo do limite máximo permitido pela Comunidade Europeia e as plantas de alface não apresentaram sintomas de deficiência nutricional.

No que diz respeito a aplicação da dosagem de 125% da recomendação de adubação, nota-se que para o primeiro ciclo a cultivar Robusta acumulou 5,16% mais nitrato do que a cultivar Bs 55, já para o segundo ciclo, a cultivar Bs 55 acumulou mais nitrato, gerando uma diferença média percentual de 5,48%.

Muitos estudos demonstraram que as características genéticas das culturas, a concentração de nitrogênio na solução nutritiva, condições de oferta e luz são os três principais fatores que afetam níveis de nitrato de plantas (Amr e Hadidi, 2001; Colla et al., 2018).

Cometti e Bugbee (2010) ao avaliarem o acúmulo de nitrato nas folhas de alface cultivada em sistema hidropônico sob diferentes temperaturas do ambiente, observaram

que a temperatura entre 20 e 25 °C promoveram o maior rendimento da cultura, bem como aumento na concentração de nitrato nos tecidos da parte aérea.

6. CONCLUSÃO

A aplicação de diferentes doses de nitrato de cálcio no cultivo hidropônico de alface promove diferenças no crescimento e produção da cultura;

A dosagem de 125% (0,221 gL⁻¹ de nitrogênio) da recomendação é a que promove o maior rendimento nos parâmetros de crescimento e produção da alface crespa cultivada em sistema hidropônico;

A cultivar Bs 55 é a que melhor responde quando cultivada em sistema hidropônico, sob diferentes concentrações de nitrato;

O maior acúmulo de nitrato é quando a cultivar Robusta é submetida à fertirrigação com a dosagem de 125% para o primeiro ciclo;

A cultivar Bs 55 acumula mais nitrato quando fertirrigada com a dosagem de 125% da recomendação para o segundo ciclo de cultivo;

O incremento nas dosagens de nitrato favorece o rendimento nos parâmetros de crescimento e produção da alface crespa cultivada em sistema hidropônico em diferentes épocas de transplântio.

7. REFERÊNCIAS

ABCSEM - Associação brasileira do comércio de sementes e mudas. 2º levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil. 2014. Disponível em:<http://www.abcsem.com.br/upload/arquivos/ApresentaCAo_completa_dos_dados_da_cadeia_produtiva_de_hortaliCas.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2019.

Alencar, T. A.; Tavares, A. T.; Chaves, P. P. N.; Ferreira, T. A.; Nascimento, I. R. Efeito de intervalos de aplicação de urina bovina na produção de alface em cultivo protegido. *Revista Verde*. Mossoró, v.7, n.3, p. 53-67, 2012.

Alves, M. S.; Soares, T. M.; Silva, L. T.; Fernandes, J. P.; Oliveira, M. L. A.; Paz, V. P. S. Estratégias de uso de água salobra na produção de alface em hidroponia NFT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, p.491-498, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662011000500009>

Amr, A.; Hadidi, N. Effect of cultivar and harvest data on nitrate (NO₃) and nitrite (NO₂) content of selected vegetables grown under open field and greenhouse conditions in Jordan. *J. Food Composition and Analysis*, v. 14, p.59–67, 2001.

Aprígio, A., Rezende, R., de Freitas, P. S., da Costa, A. R., & de Souza, R. S. Teor de nitrato em alface hidropônica em função de vazões e períodos de pós-colheita. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 16, n. 9, 2012.

Araújo, W. F., de Sousa, K. T. S., de Araújo Viana, T. V., de Azevedo, B. M., Barros, M. M., & Marcolino, E. Resposta da alface a adubação nitrogenada. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 5, n. 1, p. 18-23, 2011.

Araújo, J. C. Recursos hídricos em regiões semiáridas. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2012. p. 29-43.

Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade da água na agricultura. 2 ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado.

Beninni E. R.Y.; Takahashi H.W.; Neves C. S. V. J.; Fonseca I. C. B.; 2002. Teor de nitrato em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. *Horticultura Brasileira* 20: 183-186.

Bezerra Neto, E.; Barreto, L. P. As Técnicas de Hidroponia. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, Vols. 8 e 9, p.107 – 137, 2011/2012.

Benincasa M. M. P. Análise de crescimento de plantas, noções básicas. 2º ed. *Jaboticabal, FUNEP*. p.41, (2003).

Bione, M. A. A.; Paz, V. P. S.; Silva, F.; Ribas, R. F.; Soares, T. M. Crescimento e produção de manjeriço em sistema hidropônico NFT sob salinidade. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, p.1228-1234, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1228-1234>

Blat Sf; Sanchez Sv; Araújo Jac; Bolonhezi D. Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. *Horticultura Brasileira*. v.29, p.135-138, 2011.

Boink, A.; Speijers, G. Health effect of nitrates and nitrites: A review. *Acta Horticulturae*, v.563, p.29-36, 2001.

Brito L. T.; Pereira, L. A.; Melo, R. F. Disponibilidade hídrica subterrânea. Agência Embrapa de Informação Tecnológica (2016).

Brzezinski, C. R., Abati, J., Geller, A., Werner, F., & Zucareli, C. Production of cultivars of iceberg lettuce under two cropping systems. *Revista Ceres*, v. 64, n. 1, p. 83-89, 2017.

Byrne, C.; Maher, M. J.; Hennerthy, M. J.; Mahon, M. J.; Walshe, P. A. Reducing the nitrate content of protected lettuce. Dublin: Irish Agriculture and Food Development Authority. University College, p.19 2002.

Calori, A. H., Factor, T. L., de Lima Júnior, S., de Moraes, L. A. S., Barbosa, P. J. R., Tivelli, S. W., & Purquerio, L. F. V. (2014). Condutividade elétrica da solução nutritiva e

espaçamento entre plantas sobre a produção de beterraba e alface para baby leaf. *Horticultura Brasileira*, v.32, n.4, 426-433, 2014.

Cardoso Fl; Andriolo JI; Dal Picio M; Piccin M; Souza Jm. Nitrogen on growth and yield of lettuce plants grown under root confinement. *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 4, p. 422-427, 2015. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000400003>

Cataldo, D.A.; Haroon, M.; Schrader, L.E.; Youngs, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.6, p.71-80, 1975.

Chang, A.C.; Yang, T.Y.; Riskowski, G.L. Changes in nitrate and nitrite concentrations over 24h for sweet basil and scallions. *Food Chemistry*, v.136: p.955-960, 2013.

Colla, G., Kim, H. J., Kyriacou, M. C., Roupael, Y. Nitrate in fruits and vegetables, v. 237, p. 221-238, 2018.

Cometti N.N.; Matias G.C.S.; Zonta E.; Mary, W.; Fernandes, M.S. Compostos nitrogenados e açúcares solúveis em tecidos de alface orgânica, hidropônica e convencional. *Horticultura Brasileira* v.22: p.748-753. 2004.

Cometti, N. N.; Matias, G. C. S.; Zonta, E.; Mary, W.; Fernandes, M. S. Efeito da concentração da solução nutritiva no crescimento da alface em cultivo hidropônico– sistema NFT. *Horticultura Brasileira*, Brasília-DF, v. 26, n. 2, p. 252-257, 2008.

Cometti, N.N.; Bugbee, B. Acúmulo de nitrato na alface em cultivo hidropônico em função da temperatura, concentração do nitrato e do pulso de amônio na solução nutritiva. *Horticultura Brasileira*, v.28, p.885-892, 2010.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Portal de Informações Agropecuárias. Disponível em:

<<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/index.php/hortigranjeiro/hortigranjeiro-comercializacao-mensal>>. Acesso em: 31 jan. 2019.

Dantas, D. C.; Santos, R. S. S.; Nogueira, F. P.; Dias, N. S.; Ferreira Neto, M. Utilização de águas salobras no cultivo hidropônico da alface. *Irriga*, v.15, p.111-118, 2010.

Dantas, R. M. L. Hidroponia utilizando águas salobras nos cultivos de agrião e couve chinesa. p.85, 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco/Departamento de Tecnologia Rural, Recife.

Diamante, M.S.; Seabra J., S.; Inagak, A.M.; Silva, M.B.; Dallacort, R. Produção e resistência ao pendoamento de alfaces tipo lisa cultivadas sob diferentes ambientes. *Revista de Ciências Agronômicas*, n.1, p.133-140, 2013.

Dias, N. S.; Jales, A. G. O.; Sousa Neto, O.N.; Gonzaga, M.I.S.; Queiroz, I. S. R. Q.; Porto, M. A. F. Uso de rejeito da dessalinização na solução nutritiva da alface cultivada em fibra de coco. *Revista Ceres*, Viçosa-MG, v.58, p.407-410. 2011.

Dias, N.S.; Blanco, F.F. - Efeito dos sais no solo e na planta. *In*: Gheyi, H.R; Dias, N.S. e Lacerda, C.F. (Eds). Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza, INCT Sal, p.472, 2010.

Domingues, D. S.; Takahashi, H. W.; Camara, C. A. P.; Nixdorf, S. L. Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.84, p.53-61, 2012.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Hortaliças em números: Distribuição Geográfica da Produção. 2012. Disponível em: <http://www.cnpq.embrapa.br/paginas/hortalicas_em_numeros/hortalicas_em_numeros.htm>. Acesso em: 29 jan. 2019.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Tipos de alface cultivados no Brasil. Comunicado Técnico. p.7. ISSN 1414-9850, Brasília, DF. 2009.

Endo, T., Yamamoto, S., Larrinaga, J. A., Fujiyama, H., & Honna, T. Status and causes of soil salinization of irrigated agricultural lands in southern Baja California, Mexico. *Applied and Environmental Soil Science*, v. 2011, 2011.

Espindula, M.C.; Rocha, V.S.; Souza, M.A.; Grossi, J.A.S.; Souza, L.T. Doses e formas de aplicação de nitrogênio no desenvolvimento e produção da cultura do trigo. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.34, n.6, p.1404-1411, 2010.

FAO – Organização Das Nações Unidas Para A Alimentação E A Agricultura. Colocar os agricultores familiares em primeiro para erradicar a fome. Roma, 16 de outubro de 2014. Disponível em: < <https://www.fao.org.br/cafppef.asp>> Acesso em: 29 jan. 2019.

Faquin, V.; Andrade, A.T. Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE, p.88, 2004.

Faquin V.; Furtini Neto A. Vilele L.A.A. Produção de alface em hidroponia. Lavras: UFLA. p.50, 1996.

Farias, M. F. D., Bomfim, M. A. D., Santos, R. A., Soares, F. A., & Meneses, K. C. D. Produtividade de cultivares de alface sob adubação nitrogenada e boratada. *Revista Acta Iguazu*, Cascavel, v.4, n.3, p. 116-125, 2015.

Fernandes¹, J. M. P.; Fernandes², A. L. M.; Dias, N. S.; Cosme, C. R.; Nascimento, L. V.; Queiroz, I. S. R. Salinidade Da Solução Nutritiva Na Produção De Alface Americana Em Sistema Hidropônico NFT. *Rev. Bras. Agric. Irr.* v. 12, nº 3, Fortaleza, p. 2570 – 2578, 2018.

Ferreira, M. J. M.; Viana Júnior, M. M.; Pontes, A. G. V.; Rigotto, R. M.; Gadelha, D. Gestão e uso dos recursos hídricos e a expansão do agronegócio: água para quê e para quem?. *Ciência & Saúde Coletiva*, 21, 743-752, 2016.

Ferreira DF, Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia* v.35, n.6, (2011).

Filgueira, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa. UFV. 2008. 421 p.

Flowers, T. J.; Flowers, S. A. Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? *Agricultural Water Management*, v.78, p.15-24, 2005.

França, B. R.; Bonnas, D. S.; Silva, C. M. O. Qualidade higiênico sanitária de alfaces (*Lactuca sativa*) comercializadas em feiras livres na cidade de Uberlândia, MG, Brasil. *Biosci. J.*, Uberlândia, v. 30, supplement 1, p. 458-466, jun. 2014.

Furlani, P.R.; Silveira, L.C.P.; Bolonhezi, D.; Faquin, V. Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 1 - Conjunto hidráulico. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/hidroponiap1/index.htm>. Acesso em: 24/1/2019

Furlani, P.R.; Silveira, L.C.P.; Bolonhezi, D.; Faquin, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 52 p. (Boletim Técnico IAC, 180).

Furtado, L. de F. Vazões de aplicação de solução nutritiva, teor de nitrato em alface sob cultivo hidropônico e aceitabilidade sensorial. Cascavel: UNIOESTE, 2008. 63p. Dissertação Mestrado.

Gomes T.M.; Modolo V.A.; Botrel T.A.; Oliveira R.F. Aplicação de CO₂ via água de irrigação na cultura da alface. *Horticultura Brasileira*, 23:316-319, 2005.

GOMES, L. A. A. Tecnologias para produção de alface em clima quente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 53, 2014, Brasília: ABH, 2014. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/eventosx2/eventosx/trabalhos/ev_7/LuizAntonio.pdf> Acesso em: 09 jan. 2019.

Gondim A. R. O; Flores M. E. P.; Martinez H. E. P.; Fontes P. C. R.; Pereira P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alface em sistema de cultivo hidropônico nft. *Bioscience Journal*, v.26, p.894-904, 2010.

Guimarães, I. P.; Oliveira, F. D. A. D.; Torres, S. B.; Pereira, F. E.; França, F. D. D.; Oliveira, M. K. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 20, n. 8, p. 728-733, 2016.

Helbel Junior, C., Rezende, R., Freitas, P. S. L. D., Gonçalves, A. C. A., & Frizzone, J. A. Effect of electric conductivity, ionic concentration and flow of nutrient solutions in the production of hidroponic lettuce. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 32, n. 4, p. 1142-1147. 2008.

HOLVOET, K.; SAMPERS, I.; SEYNNAEVE, M.; JACXSENS, L.; UYTTENDAELE, M. Agricultural and management practices and bacterial contamination in greenhouse versus open field lettuce production. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 12, n. 1, p. 32-63, 2014.

IBGE, 2013. Pesquisa nacional por amostra de domicílios 2013. Rio de Janeiro. Disponível em:

<ftp://ftp.ibge.gov.br/Trabalho_e_Rendimento/Pesquisa_Nacional_por_Amostra_de_Domicilios_anual/2013/Volume_Brasil/pnad_brasil_2013.pdf> Acesso em: 29 jan 2019.

Krohn, N.G.; Missio, R.F.; Ortolan, M.L.; Steinmacher, D.A.; Lopes, M.C. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. *Horticultura Brasileira*, v. 21, n. 2, p. 216-219. 2003.

KOPPEN W. *Climatologia*. Tradução de Pedro RH Perez. Buenos Aires: Gráfica Panamericana, 1948.

Lenz, G. L.; Durigon E. G.; Lapa K. R.; Emerenciano M. G. C. Produção de alface (*Lactuca sativa*) em sistema aquapônico com tilápias (*Oreochromis niloticus*) em bioflocos e baixa salinidade. *Inst. Pesca São Paulo*, v.43, n.4, p.614 - 630, 2017 Doi: 10.20950/1678-2305.2017v43n4p614

Lira, R. M.; Silva, E. F. F.; Silva, G. F.; Santos, A. N.; Rolim, M. M. Production, water consumption and nutrient content of Chinese cabbage grown hydroponically in brackish

water. Revista Ciência Agronômica, v.46, p.497-505, 2015. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150031>

Lopes, C. A.; Pedroso, M. T. M. Sustentabilidade e horticultura no Brasil: da retórica à prática. Área de Informação da Sede-Texto para Discussão (ALICE), 2017.

Lopes, C. C.; Tsuruda, J. H.; Ianckievicz, A.; Kikuchi, F. K. Y. O; Rodini, I.; Basso, J. M.; Takahashi, H. W. Influência do horário de colheita no teor de nitrato em alface hidropônica. Semina: Ciências Agrárias, v.32,n.1, p.63-68, 2011.

Luz, G. L.; Medeiros, S. L. P.; Manfron, P. A.; Amaral, A. D. Do; Müller, L.; Torres, M. G.; Mentges, L. Questão do nitrato em alface hidropônica e a saúde humana. Ciência Rural, v.38, n.8, p.2388-2394, 2008.

Maciel, M. P., Soares, T. M., Gheyi, H. R., Rezende, E. P. L., Oliveira, G. X. S. Produção de girassol ornamental com uso de águas salobras em sistema hidropônico NFT. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, p.165-172, 2012.

Mantovani, J. R.; Cruz, M. C. P. da; Ferreira, M. E.; Barbosa, J. C. Comparação de procedimentos de quantificação de nitrato em tecido vegetal. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, p.53-59, 2005.

Maracajá, K. F. B.; da Silva, V. D. P. R.; Neto, J. D. Pegada hídrica dos consumidores vegetarianos e não vegetarianos. Qualitas Revista Eletrônica, v. 14, n. 1, 2013.

Martinez, H.P.; Clemente, J.M. O Uso do Cultivo Hidropônico de Plantas em Pesquisa. 1ª Ed. Viçosa: UFV, p.76, 2011.

Monteiro Filho, A. F.; Azevedo, M. R.; Azevedo, C. A.; Fernandes, J. D.; Silva, C. R. D.; Silva, Y. D. S. Growth of hydroponic lettuce with optimized mineral and organomineral nutrient solutions. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 21, n. 3, p. 191-196, 2017.

Moraes, D. P.; Fernandes, A. L. M.; Dias, N. S.; Cosme, C. R.; Sousa Neto, O. N. Rejeito salino e solução nutritiva em alface cultivada em sistema hidropônico. *Magistra*, v.26, n.3, p. 357-364, 2014.

Mou, B.; Proenz, J.; Nuez, F. (Ed.). *Vegetables I: Lettuce*. In: Asteraceae, Brassicaceae, Cheonopiaceae, and Cucurbitaceae. New York: Springer Science + Business Media, p.75-118, 2008.

Munns, R. e M. Tester. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*. v.59, p.651-681,2008..

Nascimento, M. V.; Silva Junior, R. L.; Fernandes, L. R.; Xavier, R. C.; Benett, K. S. S.; Seleguini, A.; Benett, C. G. S. Manejo da adubação nitrogenada nas culturas de alface, repolho e salsa. *Revista de Agricultura Neotropical, Cassilândia*, v. 4, n. 1, p. 65–71, 2017.

Negrão, S.; Schmöckel, S. M.; Tester, M. Evaluating physiological responses of plants to salinity stress. *Annals of Botany*, v. 119, p. 1-11, 2016.

Official Journal of the European Union. 2011. Commission regulation (EU) nr 1258/2011. Amending Regulation (EC) nr 1881/2006 as regards maximum levels for nitrates in foodstuffs. Official Journal of the European Union L320/15-17. 2 December 2011. Available at <http://www.fsai.ie/uploadedFiles/Reg1258_2011.pdf> . Acesso em 30 jan. de 2019

Morais, F. A.; Gurgel, M. T.; Oliveira, F. H. T.; Mota, A. F. Influência da irrigação com água salina na cultura do girassol. *Revista Ciência Agronômica, Fortaleza*, v. 42, n. 2, 2011.

Disponível em:
<<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1738>>. Acesso em: 20 de abril de 2019.

OHSE, S. Rendimento, composição centesimal e teores de nitrato e vitamina c em alface sob hidroponia. 1999. 103f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba.

Paiva, F.I.G.; Gurgel, M.T.; Oliveira, F.A.; Mota, A.F.; Costa, L.R. & Oliveira Junior, H.S. - Qualidade da fibra do algodoeiro BRS Verde irrigado com água de diferentes níveis salinos. *Irriga*, vol. 1, n. 1, p. 209-220, 2016.

Pantoja Neto, R. A. et al. Viabilidade econômica da produção de hortaliças em sistema hidropônico em Cametá-PA. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, Viçosa, v. 6, n. 2, p. 75-80, 2016.

Paulus, D.; Paulus, E.; Nava, G. A.; Moura, C. A. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. *Revista Ceres*, v.59, p.110-117, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2012000100016>

Paulus, D.; Dourado Neto, D.; Frizzone, J. A.; Soares, T. M. Produção e indicadores fisiológicos de alface sob hidroponia com água salina. *Horticultura Brasileira*, v.28, n.1, p.29-35, (2010).

Paulus, D., Neto, D. D., & Paulus, E. Análise sensorial, teores de nitrato e de nutrientes de alface cultivada em hidroponia sob águas salinas. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 1, p. 18-25, 2012.

Peixoto Filho, J. U.; Freire, M. B. D. S.; Freire, F. J.; Miranda, M. F.; Pessoa, L. G.; Kamimura, K. M. (2013). Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, v. 17, n. 4, 2013.

Pimentel Gomes, F. *Curso de Estatística Experimental*. São Paulo: Nobel, p. 467, 1985.

Pôrto, M.L.A.; Puiatti M.; Fontes P.C.R.; Cecon P.R.; Alves J.C. Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos da abóbora “Tetsukabuto” em função da adubação nitrogenada. *Horticultura Brasileira* v.32: p.280-285. 2014. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000300007>.

Putra, P. A.; Yuliando, H. Soilless culture system to support water use efficiency and product quality: A review. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v.3, n.1, p.283–288, 2015.

Sala, F.C.; Costa, C.P. Retrospectiva e tendência da Alfacultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v.30, n.2, p.187-194, 2012.

Santi, A.; Scaramuzza, W. L. M. P.; Neuhaus, A.; Dallacort, R.; Krause, W.; Tieppo, R. C. Desempenho agrônomico de alface americana fertilizada com torta de filtro em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 31, n. 2, p. 338- 343, 2013.

Santos, A. N.; Soares, T. M.; Silva, E. F. F.; Silva, D. J. R.; Montenegro, A. A. A. Cultivo hidropônico de alface com água salobra subterrânea e rejeito da dessalinização em Ibimirim, PE. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.961-969, 2010a. [http:// dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000900008](http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000900008).

SANTOS, L.L.; SEABRA JUNIOR, S.; NUNES, M.C.M. Luminosidade, temperatura do ar e do solo em ambientes de cultivo protegido. *Alta Floresta, Revista de Ciências Agro Ambientais*, v. 8, n. 1, p. 83-93, 2010b.

Santos, A. N.; Silva, E. F. F.; Soares, T. M.; Dantas, R. M. L.; Silva, M. M. Produção de alface em NFT e Floating aproveitando água salobra e o rejeito da dessalinização. *Revista Ciência Agrônômica*, v.42, p.319-326, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/ S1806-66902011000200009>.

Santos, D.; Mendonça, R. M. N.; Silva, S. M.; Espínola, J. E. F.; Souza, A. P. Produção comercial de cultivares de alface em Bananeiras. *Horticultura Brasileira*, v.29, p.609-612, 2011.

Santos, R. F; Borsoi, A; Tomazzonis, J. L; Viana, O. H; Maggi, M. F. Aplicação de Nitrogênio na Cultura da Alface. *Revista Varia Scientia Agrárias*. v.2, n.2, p. 69-77, 2012.

Santos, W. S.; Henriques, I. G. N.; Santos, W. S.; Ramos, G. G.; Vasconcelos, G. S.; Vasconcelo, A. D. M. Análise florística-fitosociológica e potencial madeireiro em área de caatinga submetida a manejo florestal. *Revista Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 13, n. 3, 2017.

<Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/882>>
Acesso em 31 de jan. de 2019.

Severiano, L. S.; Lima, R. de L. S. de; Castilho, N.; Lucena, A. M. A.; Auld, D. L.; Udeigwe, T. K. Calcium and magnesium do not alleviate the toxic effect of sodium on the

emergence and initial growth of castor, cotton, and safflower. *Industrial Crops and Products*, v.57, p.90-97, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.03.015>

Schmitt, L. F. O consumo de água e o futuro da nutrição na agricultura (2015). Disponível em < <https://www.campograndenews.com.br/artigos/o-consumo-deagua-e-o-futuro-da-nutricao-na-agricultura>> Acesso em 23 de Janeiro de 2018.

Silva, S.; Nascimento, R.; Oliveira, H.; Cardoso, J. A. F.; Xavier, D. A.; Silva, S. S. Levels of nitrate, pigments and thermographic analysis of lettuce under different temperatures of nutrient solution. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, n.19, p.1668-1673, 2016.

Silva, F. V.; Duarte, S. N.; Lima, C. J. G. S.; Dias, N. S.; Santos, R. S. S.; Medeiros, P. R. F. Cultivo hidropônico de rúcula utilizando solução nutritiva salina. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 8, n. 3, p. 476-482, 2013.

Soares, T. M.; Silva, E. F. F.; Duarte, S. N.; Melo, R. F.; Jorge, C. A.; Silva, E. M. B. Produção de alface utilizando águas salinas em sistema hidropônico. *Irriga*, v.12, p.235-248, 2007.

Soares, T. M.; Duarte, S. N.; Silva, E. F. F.; Jorge, C. A. Combinação de águas doce e salobra para produção de alface hidropônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, p.705-714, 2010.<http://dx.doi.org/10.1590/S14153662010000700004>

Soares, H. R.; Silva, E. F. F.; Silva, G. F.; Pedrosa, E. M. R.; Rolim, M. M.; Santos, A. N. Lettuce growth and water consumption in NFT hydroponic system using brackish water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, p.636- 642, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p636-642>

Souza Filho, F. A. A política nacional de recursos hídricos: Desafios para sua implantação no semiárido brasileiro. *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, p. 1-26, 2011.

Souza Neta, M.L.; Oliveira, F.A.; Torres, S.B.; Souza, A.A.T.; Carvalho, S.M.C. & Benedito, C.P. - Residual effect of bur gherkin seed treatment with biostimulant under salt stress. *Journal of Seed Science*, vol.38, n.3, p.219-226, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2317-1545v38n3163796>

Souza, R. S. D.; Rezende, R.; Hachmann, T. L.; Lozano, C. S.; Andrian, A. F. B. A.; Freitas, P. S. L. D. Lettuce production in a greenhouse under fertigation with nitrogen and potassium silicate. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 39, n. 2, p. 211-216, 2017.

Suinaga, F. A.; Boiteux, L. S.; Cabral, C. S.; Rodrigues, C. da S. Métodos de avaliação do florescimento precoce e identificação de fontes de tolerância ao calor em cultivares de alface do grupo varietal crespa. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, p.4, 2013. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 89).

Taiz L, Zeiger E. Assimilação de nutrientes minerais. In: Taiz L, Zeiger E. *Fisiologia vegetal*. 4. ed. Porto Alegre: The Art of Medication; 2009. p. 317-330.

Taiz, L. Zeiger, E. *Fisiologia vegetal*. 5.ed. Artmed, Porto Alegre, Brasil. 918 p. 2013.

Turini T, Cahn M, Cantwell M, Jackson L, Koike S, Natwick E, Smith R, Subarrao K & Takele E (2011) Iceberg lettuce production in California. Disponível em: <Disponível em: <http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/7215.pdf> >. Acesso em: 12 de fevereiro de 2019.

Zárate, A.H.N.; Vieira, M.C.; Helmich, M.; Heid, M.D.; Menegati, T.C. Produção agroeconômica de três variedades de alface: cultivo com e sem amontoa. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 4, p. 646-653, 2010.