



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA AGRÍCOLA**



**VIABILIDADE DO CULTIVO HIDROPÔNICO DE GENÓTIPOS  
DE ALFACE COM SOLUÇÕES MINERAIS E  
ORGANOMINERAIS OTIMIZADAS**

**Antonio Fernandes Monteiro Filho**

**Campina Grande – PB  
FEVEREIRO – 2015**

**ANTONIO FERNANDES MONTEIRO FILHO**

**VIABILIDADE DO CULTIVO HIDROPÔNICO DE GENÓTIPOS  
DE ALFACE COM SOLUÇÕES MINERAIS E  
ORGANOMINERAIS OTIMIZADAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos para obtenção do título de “Doutor em Engenharia Agrícola”, Área de Concentração Irrigação e Drenagem.

Orientadores: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo

Prof. Dra. Márcia Rejane de Queiroz Almeida Azevedo

**Campina Grande – PB  
FEVEREIRO – 2015**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

M775v Monteiro Filho, Antonio Fernandes.  
Viabilidade do cultivo hidropônico de genótipos de alface com soluções minerais e organominerais otimizadas / Antonio Fernandes Monteiro Filho. – Campina Grande, 2015.  
147 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2015.

"Orientação: Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Márcia Rejane de Queiroz Almeida Azevedo".  
Referências.

1. *Lactuca sativa* L. (Alface). 2. Hidroponia. 3. Nutrição. 4. SOLVER.  
I. Azevedo, Carlos Alberto Vieira de. II. Azevedo, Márcia Rejane de Queiroz Almeida. III. Título.

CDU 635.52(043)



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



**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE**

**ANTÔNIO FERNANDES MONTEIRO FILHO**

**VIABILIDADE DO CULTIVO HIDROPÔNICO DE GENÓTIPOS DE ALFACE  
COM SOLUÇÕES MINERAIS E ORGANOMINERAIS OTIMIZADAS**

**BANCA EXAMINADORA**

**Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo**

Orientador - UAEA/UFCC

**Dr.ª Márcia Rejane de Queiroz Almeida Azevedo**

Orientadora - CCAA/UEPB

**Dr. Josely Dantas Fernandes**

Examinador - CCAA/UEPB

**Dr. Messias Firmino de Queiroz**

Examinador - CCAA/UEPB

**Dr.ª Vera Lúcia Antunes de Lima**

Examinadora - UAEA/UFCC

**Dr. Pedro Dantas Fernandes**

Examinador - UAEA/UFCC

**PARECER**

*Aprovado*

*APROVADO*

*Aprovado*

*Aprovado*

*Aprovado*

*Aprovado*

**FEVEREIRO DE 2015**

## **Agradecimentos**

### **AGRADECIMENTOS**

*Ao meu Deus, por reconhecer que Ele nunca desistiu de mim, mesmo nas horas em que Lhe fui infiel.*

*A Ti, Senhor da Glória, a minha eterna expressão de amor.*

*A minha esposa Severina, pelo apoio e compreensão.*

*Aos meus pais, Antonio Fernandes Monteiro e Maria de Lordes de Souza, por me terem trazido ao mundo e sempre cuidado de mim.*

*Aos meus queridos irmãos, João, Omar e Leonila e a minha querida sobrinha Danielle, Aos Professores Doutores Carlos Alberto Veira de Azevedo e Marcia Rejane de Queiroz*

*Almeida Azevedo, pela competência profissional e presteza na orientação deste trabalho.*

*Aos Professores Doutores membros da Banca Examinadora que, deixando seus afazeres diários, aceitaram o nosso convite para participar do evento.*

*À professora Shirleide e aos funcionários Trycia e Yur,*

*Pela grande ajuda na realização das análises microbiológicas e parasitológicas*

*À Carisa pela grande ajuda durante o desenvolvimento da pesquisa*

*Aos amigos Josely, Jerfeson, Alessandro, Hugo, Josemar, Mário Sergio, Siant-Clear, Janicleide, Simone, Élide e aos servidores do CCAA/UEPB, pela “força”.*

*Finalmente, às demais pessoas que, direta ou indiretamente, me ajudaram a obter esta grande vitória.*

**MEU MUITO OBRIGADO!**

## **Apresentação**

A alface é a hortaliça folhosa mais produzida e consumida no mundo e no Brasil, cujo cultivo pode ser desenvolvido no solo, em sistemas de produção convencionais ou orgânicos mas também pode ser realizado utilizando-se a técnica da hidroponia, em que as plantas não entram em contato com o solo, retirando todos os nutrientes necessários ao desenvolvimento de uma mistura de nutrientes diluídos em água, denominada solução nutritiva hidropônica.

Os fertilizantes usados como fontes de nutrientes nesta solução nutritiva, normalmente são de origem sintética; entretanto, fertilizantes orgânicos, muitas vezes oriundos da produção agrícola e descartados como resíduos nas propriedades agrícolas, podem ser fontes viáveis de nutrientes para o preparo de soluções nutritivas utilizadas em cultivos hidropônicos. A utilização desses adubos orgânicos pode reduzir o custo de produção e a dependência dos produtores em relação aos fertilizantes químicos, dar uma destinação adequada aos resíduos da propriedade e contribuir para uma agricultura sustentável.

Com base nessas possibilidades, propôs-se, neste trabalho a modificação em soluções nutritivas hidropônicas através da substituição de parte dos fertilizantes minerais normalmente utilizados no preparo de soluções nutritivas, por biofertilizante produzido com produtos existentes nas propriedades agrícolas, como esterco, melão, leite e sangue proveniente do abate de animais obtendo-se uma solução nutritiva organomineral com composição química similar às minerais.

Com a realização deste estudo objetivou-se avaliar o cultivo de cultivares de alface do grupo Crespa em sistema hidropônico com soluções nutritivas minerais e organominerais otimizadas avaliando aspectos relacionados à formulação e ao manejo diário das soluções nutritivas, ao crescimento, produção, qualidade sanitária da cultura assim como a viabilidade econômica da atividade; portanto para melhor organização desta pesquisa o trabalho está dividido em seis capítulos, contextualizando, no primeiro capítulo, os principais aspectos relacionados à pesquisa. Os demais capítulos foram

escritos em formato de artigo seguindo as normas exigidas para publicação em periódicos científicos. Os capítulos foram:

**- Capítulo 1:**

Considerações iniciais

**- Capítulo 2**

Cultivo hidropônico de cultivares de alface em soluções nutritivas organominerais otimizadas com a ferramenta solver;

**- Capítulo 3**

Monitoramento, calibração e consumo de soluções nutritivas otimizadas no cultivo hidropônico da alface crespa;

**- Capítulo 4**

Crescimento e produção da alface hidropônica cultivada com diferentes soluções nutritivas otimizadas;

**- Capítulo 5**

Parâmetros microbiológicos e parasitológicos da alface crespa hidropônica cultivada com diferentes soluções nutritivas otimizadas;

**- Capítulo 6**

Viabilidade econômica da alface cultivada em sistema hidropônico com diferentes soluções nutritivas otimizadas.

## ÍNDICE

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xv</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xxi</b>
<b>CAPÍTULO 1 - Considerações iniciais.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Objetivos da Pesquisa.....</b>	<b>4</b>
2.1 Objetivo Geral.....	4
2.2 Objetivos Específicos.....	4
<b>3. Revisão Bibliográfica.....</b>	<b>5</b>
3.1 Cultura da alface.....	5
3.2 A técnica da hidroponia.....	6
3.3 Qualidade sanitária da alface.....	7
3.4 Solução nutritiva organomineral.....	9
3.5 Ferramenta solver do Microsoft Excel: instrumento no processo de tomada de decisão.....	10
<b>4. Referências Bibliográficas.....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 2 - Cultivo hidropônico de cultivares de alface em soluções nutritivas organominerais otimizadas com a ferramenta SOLVER.....</b>	<b>19</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>20</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>20</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>21</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>23</b>
Condução do experimento.....	23
Preparo e caracterização química da solução organomineral.....	23
Plantio da alface e calibração das soluções nutritivas.....	26
Parâmetros de crescimento e produção da alface analisados.....	27
Análise estatística.....	28
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>28</b>



Monitoramento e calibração das soluções nutritivas.....	28
Crescimento e produção da alface crespa.....	33
<b>Conclusões.....</b>	<b>37</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>38</b>
<b>CAPÍTULO 3 - Monitoramento, calibração e consumo de soluções nutritivas otimizadas no cultivo hidropônico da alface crespa.....</b>	<b>42</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>43</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>43</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>44</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>46</b>
Condução do experimento.....	46
Preparo das soluções nutritivas.....	47
Estrutura matemática.....	48
Função objetivo .....	48
Monitoramento e calibração das soluções nutritivas.....	49
Estimativa de consumo de solução nutritiva pelas plantas de alface.....	50
Análise estatística.....	50
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>50</b>
Temperatura das soluções nutritivas.....	50
pH e condutividade elétrica das soluções nutritivas.....	52
Consumo das soluções nutritivas pelas plantas de alface.....	54
Monitoramento, calibração e manutenção das soluções nutritivas.....	57
<b>Conclusões.....</b>	<b>61</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>61</b>
<b>CAPÍTULO 4 - Crescimento e produção da alface hidropônica cultivada com diferentes soluções nutritivas otimizadas.....</b>	<b>66</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>67</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>67</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>68</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>70</b>

Condução do experimento.....	70
Preparo e caracterização química das soluções nutritivas.....	71
Plantio da alface e calibração das soluções nutritivas.....	74
Análise dos parâmetros de crescimento e produção da alface.....	74
Análise estatística.....	74
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>75</b>
Crescimento da alface crespa.....	75
Produção da alface crespa.....	81
<b>Conclusões.....</b>	<b>88</b>
<b>Recomendação.....</b>	<b>88</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>88</b>
<b>CAPÍTULO 5 - Parâmetros microbiológicos e parasitológicos da alface crespa hidropônica cultivada com diferentes soluções nutritivas otimizadas.....</b>	<b>97</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>98</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>98</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>99</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>100</b>
Condução do experimento.....	100
Plantio da alface e calibração das soluções nutritivas.....	104
Coleta e análise microbiológica e parasitológica da alface, da água do reservatório e das soluções nutritivas estoque.....	106
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>107</b>
<b>Conclusões.....</b>	<b>114</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>115</b>
<b>CAPÍTULO 6 - Viabilidade econômica da alface cultivada em sistema hidropônico com diferentes soluções nutritivas otimizadas.....</b>	<b>120</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>121</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>121</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>122</b>
<b>Material e Métodos.....</b>	<b>123</b>

Condução do experimento.....	123
Viabilidade econômica.....	129
Custos de produção.....	129
Depreciação da estufa e equipamentos.....	129
Indicadores de rentabilidade.....	130
<b>Resultados e Discussão.....</b>	<b>133</b>
Custos de produção.....	133
Rentabilidade da produção.....	136
<b>Conclusões.....</b>	<b>141</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>141</b>
<b>Apêndices.....</b>	<b>145</b>
Apêndice 1. Croqui da área experimental.....	146
Apêndice 2. Berçário para produção de mudas de alfacecrespa.....	147
Apêndice 3. Solução organomineral no reservatório de 17 L alimentando o sistema hidropônico.....	147
Apêndice 4. Vista panorâmica do experimento.....	147

## LISTA DE FIGURAS

### **CAPÍTULO 2 - Cultivo hidropônico de cultivares de alface em soluções nutritivas organominerais otimizadas com a ferramenta SOLVER**

- Figura 1.** Curva de calibração do potencial hidrogeniônico e da condutividade elétrica em função das diferentes soluções nutritivas. S1 - Solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de biofertilizante supermagro; S3 - Solução mineral + 16% de biofertilizante supermagro e S4 - Solução mineral + 22% de biofertilizante supermagro..... 27
- Figura 2.** Respostas qualitativas de plantas de alface após 31 dias de cultivo. S1 - Solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de biofertilizante supermagro; S3 - Solução mineral + 16% de biofertilizante supermagro e S4 - Solução mineral + 22% de biofertilizante supermagro; C1 - Crespa; C2 - manteiga e C3 – Rubi..... 29
- Figura 3.** Curva de calibração do potencial hidrogeniônico (pH) em função das diferentes soluções nutritivas (S1 = solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 - Solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 - Solução mineral + 22% de solução orgânica) e cultivares (C1 - Crespa; C2 - Manteiga e C3 - Rubi) durante a condução do experimento..... 30
- Figura 4.** Curva de calibração da condutividade elétrica (CE) em função das diferentes soluções nutritivas (S1 - Solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 - Solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 - Solução mineral + 22% de solução orgânica) e cultivares (C1 - Crespa; C2 - Manteiga e C3 - Rubi) durante a condução do experimento..... 32
- Figura 5.** Altura da planta (A) e diâmetro caulinar (B) em função do desdobramento entre soluções nutritivas (S1 = solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 - Solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 - Solução mineral + 22% de solução orgânica) e cultivares (C1 - Crespa; C2 - Manteiga e C3 - Rubi). ..... 34
- Figura 6.** Comprimento da raiz em função das diferentes soluções nutritivas. S1 - Solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 - Solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 - Solução mineral + 22% de solução orgânica..... 35

<b>Figura 7.</b> Massa da matéria fresca (A) e seca (B) das folhas em função das diferentes soluções nutritivas (S1 - Solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 - Solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 - Solução mineral + 22% de solução orgânica) e cultivares (C1 - Crespa; C2 - Manteiga e C3 - Rubi) aos 25 dias após a germinação.....	36
--	----

### **CAPÍTULO 3 - Monitoramento, calibração e consumo de soluções nutritivas otimizadas no cultivo hidropônico da alface crespa**

<b>Figura 1.</b> Dados de temperatura máxima (T.Máx.), temperatura mínima (T.Mín.), temperatura média (T. Méd.) e temperatura registrada às 6:00h (T.6h) durante a condução do experimento.....	46
<b>Figura 2.</b> Fluxograma do processo de calibração das soluções nutritivas através da ferramenta SOLVER. Solução do reservatório que alimentava o sistema (A) e solução estoque (B).....	49
<b>Figura 3.</b> Variação na temperatura das soluções nutritivas modificadas (A) de Furlani (FO), Bernardes (BO), Ueda (UO) e Castelane & Araujo (CO) e minerais (B) de Furlani (FM), Bernardes (BM), Ueda (EM) e Castelane & Araujo (CM) durante a condução do experimento após transplante.....	51
<b>Figura 4.</b> Variação no potencial hidrogeniônico (A e B) e na condutividade elétrica (C e D) das soluções nutritivas de Furlani modificada (FO), Bernardes modificada (BO), Ueda modificada (UO) e Castelane & Araujo modificada (CO) e soluções nutritivas minerais de Furlani (FM), Bernardes (BM), Ueda (UM) e Castelane & Araujo (CM).....	52
<b>Figura 5</b> Consumo de solução nutritiva pela alface crespa durante o período experimental em função das soluções nutritivas modificadas (A) de Furlani (FO), Bernardes (BO), Ueda (UO) e Castelane & Araujo (CO) e minerais (B) de Furlani (FM), Bernardes (BM), Ueda (UM) e Castelane & Araujo (CM).....	56

### **CAPÍTULO 4 - Crescimento e produção da alface hidropônica cultivada com diferentes soluções nutritivas otimizadas**

<b>Figura 1.</b> Dados de temperatura máxima (T.Máx.), temperatura mínima (T.Mín.), temperatura média (T. Méd.) e temperatura registrada às 6:00h (T.6h) durante a condução do experimento.....	70
---	----

<b>Figura 2.</b> Diâmetro da parte aérea da alface em função do desdobramento da interação entre soluções nutritivas minerais (M) e modificadas (O) de Furlani (F), Bernardes (B), Ueda (U) e Castelane & Araujo (C) e cultivares da alface crespa.....	76
<b>Figura 3.</b> Comprimento da raiz em função do efeito isolado das soluções nutritivas minerais (A) de Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM), das soluções nutritivas modificadas de Bernardes (BO), Furlani (FO), Castelane & Araújo (CO), e Ueda (UO) e das cultivares (B).....	77
<b>Figura 4.</b> Diâmetro do caule em função do efeito isolado das soluções nutritivas minerais (A) de Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM), das soluções nutritivas modificadas de Bernardes (BO), Furlani (FO), Castelane & Araújo (CO), e Ueda (UO) e das cultivares (B).....	78
<b>Figura 5.</b> Área foliar da alface em função das soluções minerais de Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM) e das soluções nutritivas de Bernardes modificada (BO), Furlani modificada (FO), Castelane & Araújo modificada (CO) e Ueda modificada (UO).....	79
<b>Figura 6.</b> Número de folhas em função das soluções nutritivas minerais de Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM) e das soluções nutritivas de Bernardes modificada (BO), Furlani modificada (FO), Castelane & Araújo modificada (CO), e Ueda modificada (UO).....	80
<b>Figura 7.</b> Fitomassa fresca (A) e seca (B) da raiz da alface em função das diferentes soluções nutritivas minerais de Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM) e das soluções nutritivas de Bernardes modificada (BO), Furlani modificada (FO), Castelane & Araújo modificada (CO), e Ueda modificada (UO).....	82
<b>Figura 8.</b> Fitomassa fresca (A) e seca (B) da parte aérea da alface em função das soluções nutritivas minerais de Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM) e das soluções nutritivas de Bernardes modificada (BO), Furlani modificada (FO), Castelane & Araújo modificada (CO), e Ueda modificada (UO).....	83
<b>Figura 9.</b> Resposta qualitativa das cultivares Thais (TH), Vanda (VA) e Verônica (VE) submetidas a diferentes soluções nutritivas minerais: Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM) e a diferentes soluções nutritivas modificadas: Bernardes (BO), Furlani (FO), Castelane & Araújo(CO), e Ueda (UO)...	85

**CAPÍTULO 5 - Parâmetros microbiológicos e parasitológicos da alface crespa hidropônica cultivada com diferentes soluções nutritivas otimizadas**

**Figura 1.** Parasitos encontrados na amostra de água do reservatório e nas soluções nutritivas modificadas, em que: A = *Entamoeba histolytica*, B = *Giardia lamblia*, C = *Taenia* sp, D = Ovos de *Ancilostomídeos* sp, E = Ovos de *Ascaris Lumbricóides*, F = Larva *filarióide* de *Ancilostomídeos* e G = *Schistosoma mansoni*..... 107

**CAPÍTULO 6 - Viabilidade econômica da alface cultivada em sistema hidropônico com diferentes soluções nutritivas otimizadas.**

**Figura 1.** Tempo necessário para quitação do financiamento bancário e receitas acumuladas no período de 60 meses..... 140

## LISTA DE TABELAS

### **CAPÍTULO 2 - Cultivo hidropônico de cultivares de alface em soluções nutritivas organominerais otimizadas com a ferramenta SOLVER**

<b>Tabela 1.</b> Composição química percentual dos ingredientes utilizados para formulação das soluções nutritivas.....	24
<b>Tabela 2.</b> Quantidade dos ingredientes e dos nutrientes utilizados na formulação de 100 L das soluções nutritivas e seus custos.....	25
<b>Tabela 3.</b> Análise de variância para altura da planta (ALT), diâmetro caulinar (DIA), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), peso da matéria fresca (MMF) e peso da matéria seca (MMS).....	33

### **CAPÍTULO 3 - Monitoramento, calibração e consumo hídrico de soluções nutritivas otimizadas para diferentes cultivares de alface**

<b>Tabela 1.</b> Quadro de análise de variância para análise de regressão do consumo médio estimado de solução nutritiva pela alface crespa em função das soluções minerais de Furlani (FM), Ueda (UM), Bernardes (BM) e Castelane & Araujo (CM) e das soluções de Furlani modificada (FO), Ueda modificada (UO), Bernardes modificada (BO) e Castelane & Araujo modificada (CO).....	55
<b>Tabela 2.</b> Manutenção da condutividade elétrica (CE) medindo-se o volume das soluções minerais evapotranspiradas (V.EVA) e se calculando, através da ferramenta SOLVER, o volume de solução retirada (V.RET) e os acréscimos de água (V.AGU) e de solução estoque (V.S.E) nos reservatórios de modo a manter 17 L de solução nutritiva e uma CE de 1,5 dS m <sup>-1</sup> .....	58
<b>Tabela 3.</b> Manutenção da condutividade elétrica (CE) medindo-se o volume das soluções modificadas evapotranspiradas (V.EVA) e se calculando, através da ferramenta SOLVER, o volume de solução retirada (V.RET) e os acréscimos de água (V.AGU) e de solução estoque (V.S.E) nos reservatórios de modo a manter 17L de solução nutritiva e uma CE de 1,5 dS m <sup>-1</sup> .....	59



## **CAPÍTULO 4 - Crescimento e produção da alface hidropônica cultivada com diferentes soluções nutritivas otimizadas**

<b>Tabela 1.</b> Composição química das soluções nutritivas minerais.....	71
<b>Tabela 2.</b> Composição química dos ingredientes utilizados na formulação dos biofertilizantes.....	72
<b>Tabela 3.</b> Quantitativo dos ingredientes utilizados no preparo dos biofertilizantes.....	72
<b>Tabela 4.</b> Composição química dos biofertilizantes.....	73
<b>Tabela 5.</b> Quantitativos dos fertilizantes utilizados no preparo de 360 L das soluções nutritivas estoques.....	73
<b>Tabela 6.</b> Análise de variância para diâmetro da parte aérea (DPAE), comprimento da raiz (CRAI), diâmetro do caule (DCAU) e área foliar (AFOL) em função das diferentes cultivares da alface crespa e soluções nutritivas.....	75
<b>Tabela 7.</b> Análise de variância para fitomassa fresca da raiz (FFRA), fitomassa seca da raiz (FSRA), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa seca das folhas (FSPA) em função das diferentes cultivares de alface crespa e soluções nutritivas.....	82

## **CAPÍTULO 5 - Parâmetros microbiológicos e parasitológicos da alface crespa hidropônica cultivada com diferentes soluções nutritivas otimizadas**

<b>Tabela 1.</b> Composição química das soluções nutritivas minerais.....	101
<b>Tabela 2.</b> Composição química dos ingredientes utilizados na formulação dos biofertilizantes.....	102
<b>Tabela 3.</b> Quantitativo dos ingredientes utilizados no preparo dos biofertilizantes.....	102
<b>Tabela 4.</b> Composição química dos biofertilizantes.....	103
<b>Tabela 5.</b> Quantitativos dos fertilizantes utilizados no preparo de 360 L das soluções nutritivas estoques.....	104
<b>Tabela 6.</b> Volume de água acrescentado (V.AGU) e de solução estoque (V.S.E) nos reservatórios de modo a manter 17L de solução nutritiva e uma CE de 1,5 dS m <sup>-1</sup> em função das soluções nutritivas minerais de Furlani (FM), Bernardes (BM), Ueda (UM) e Castelane & Araújo (CM) e das soluções nutritivas	

modificadas de Furlani (FO), Bernardes (BO), Ueda (UO) e Castelane & Araújo (CO) durante a condução do experimento.....	105
<b>Tabela 7.</b> Parameros microbiológicos analisados nas soluções nutritivas estoques e na água do reservatório utilizada no preparo das soluções.....	106
<b>Tabela 8.</b> Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais na alface crespa....	108
<b>Tabela 9.</b> Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes.....	110
<b>Tabela 10.</b> Número Mais Provável (NMP) de Salmonela e Escherichia coli na alface crespa.....	111
<b>Tabela 11.</b> Grupos e espécies dos parasitos encontrados em alface (Lactuca sativa) em função das diferentes soluções nutritivas.....	112

**CAPÍTULO 6 - Viabilidade econômica da alface cultivada em sistema hidropônico com diferentes soluções nutritivas otimizadas.**

<b>Tabela 1.</b> Composição química das soluções nutritivas minerais.....	124
<b>Tabela 2.</b> Composição química dos ingredientes utilizados na formulação dos biofertilizantes.....	125
<b>Tabela 3.</b> Quantitativo dos ingredientes utilizados no preparo dos biofertilizantes.....	125
<b>Tabela 4.</b> Composição química dos biofertilizantes.....	126
<b>Tabela 5.</b> Quantitativos dos fertilizantes utilizados no preparo de 360 L das soluções nutritivas estoques.....	126
<b>Tabela 6.</b> Volume de água acrescentado (V.AGU) e de solução estoque (V.S.E) nos reservatórios de modo a manter 17L de solução nutritiva e uma CE de 1,5 dS m-1 em função das soluções nutritivas de Furlani (FM), Bernardes (BM), Ueda (UM) e Castelane & Araújo (CM) , Furlani modificada (FO), Bernardes modificada (BO), Ueda modificada (UO) e Castelane & Araújo modificada (CO) durante a condução do experimento.....	128
<b>Tabela 7.</b> Peso médio das cultivares de alface crespa produzidas com as soluções nutritivas de Furlani (FM), Bernardes (BM), Ueda (UM), Castelane & Araújo (CM), Furlani modificada (FO), Bernardes modificada (BO), Ueda modificada (UO) e Castelane & Araújo modificada (CO).....	133
<b>Tabela 8.</b> Valores unitários dos itens utilizados no custo de produção da alface	

hidropônica em função das diferentes soluções nutritivas.....	134
<b>Tabela 9.</b> Índices de rentabilidade das cultivares de alface crespa em função das diferentes soluções nutritivas.....	136
<b>Tabela 10.</b> Índice de lucratividade das cultivares Verônica, Vanda e Thais produzida sem sistema hidropônico com diferentes soluções nutritivas, após o quinto ano de implantação da atividade.....	139

**Viabilidade do cultivo hidropônico de genótipos de alface com soluções minerais e organominerais otimizadas.** Antonio Fernandes Monteiro Filho. 2015. Orientadores Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Prof. Dra. Márcia Rejane de Queiroz Almeida Azevedo

## RESUMO

A qualidade do alimento passou, atualmente, a ser considerada fator de segurança alimentar e nutricional relacionada não só à produção do alimento em quantidade suficiente e acesso garantido mas também à promoção do estado de saúde daqueles que o consomem. Em razão do exposto objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar a viabilidade do cultivo da alface em sistema hidropônico com soluções nutritivas minerais e organominerais otimizadas através da ferramenta SOLVER do Microsoft Office Excel. O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) em duas etapas, em que na primeira, foram avaliados o crescimento e a produção de três cultivares de alface em sistema tipo floating adotando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições. Os fatores foram 4 soluções nutritivas (S1 = 100% de solução mineral; S2 = 90% de solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 = 84% de solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 = 78% de solução mineral + 22% de solução orgânica) e 3 cultivares de alface (C1 - Crespa; C2 - Manteiga e C3 - Rubi). Durante a condução do experimento monitorou-se e se calibrou a condutividade elétrica (CE) e o potencial hidrogeniônico (pH) e 25 dias após a germinação, se avaliaram os parâmetros de crescimento e produção. Nesta etapa, não foram observados sintomas de carência nutricional nem toxidez visual na alface, independente da solução e da cultivar estudada; tal resultado motivou a realização da segunda etapa do experimento que foi formular e testar soluções organominerais com composição química similar à de soluções minerais comumente citadas na literatura. Para isto, instalou-se um experimento em blocos casualizados com três repetições e parcelas subdivididas utilizando-se o sistema hidropônico tipo Fluxo laminar de nutrientes (NFT). As parcelas corresponderam a oito soluções nutritivas sendo quatro minerais cuja composição foi sugerida por Bernardes, Furlani, Castelane & Araújo e Ueda e quatro organominerais com composição química similar às anteriormente citadas e modificadas por esta pesquisa com a utilização de

biofertilizante na sua constituição. As subparcelas foram três cultivares de alface crespa: Thais, Vanda e Verônica. Durante a condução do experimento os parâmetros CE, pH, consumo e temperatura das soluções nutritivas foram monitorados diariamente, durante 24 dias. Avaliaram-se, após este período, os parâmetros de crescimento, produção, a qualidade microbiológica e a parasitológica, tal como a análise econômica das alfaces produzidas em função dos tratamentos. As soluções organominerais apresentaram maior resistência a variações no pH; no entanto, promoveram menores produções quando comparadas às minerais. Quanto aos parâmetros microbiológicos e parasitológicos, as amostras das alfaces analisadas apresentaram ausência de contaminação por *E.coli* e *Salmonela*, independentemente da solução nutritiva utilizada, atendendo aos padrões estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. O cultivo hidropônico da alface mostrou-se como atividade economicamente rentável porém, de acordo com a simulação realizada, o tempo de quitação de empréstimo variou em função das soluções utilizadas sendo inviável apenas o uso das soluções organominerais de Castelane & Araújo, Bernardes e Ueda.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, L., hidroponia, nutrição, SOLVER.

**Feasibility of hydroponic growth of lettuce genotypes growing with optimized mineral and organomineral solutions.** Antonio Fernandes Monteiro Filho. 2015. Orientadores Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Prof. Dra. Márcia Rejane de Queiroz Almeida Azevedo

#### ABSTRACT

Currently, the quality of the food has been considered as a safety food and nutrition factor. It is related not only for the production of food in sufficient quantity and guaranteed access but also to promote the health of those who consume it. Due to the described the objective of this work was to technically and economically evaluate the cultivation of lettuce grown hydroponically with mineral and organomineral nutrient solutions optimized through SOLVER tool of Microsoft Office Excel. The experiment was conducted at the Center for Agricultural and Environmental Sciences of the University State of Paraíba in two stages. Firstly, we evaluated the growth and production of three lettuce cultivars in floating system adopting a completely randomized design arranged in a factorial 4 x 3 with three replications. The factors were 4 nutrient solutions (S1 = 100% mineral solution; S2 = 90% mineral solution + 10% organic solution; S3 = 84% mineral solution + 16% organic solution and S4 = 78% mineral solution + 22% organic solution) and 3 lettuce cultivars (C1 - Leaf; C2 - Butterhead, and C3 - Ruby). During the conduct of the experiment were monitored and calibrated the electrical conductivity (EC) and the potential of hydrogen (pH). After 25 days of germination we assessed the growth and yield parameters of the plants. At this stage, there were not lettuce visual symptoms of nutritional deficiency and toxicity independently of the solution and lettuce variety studied, this result led to the completion of the second stage of the experiment that was to formulate and to test organomineral solutions with the same chemical composition of mineral solutions commonly cited in the literature. To do this were set up an experiment in triplicate and in a randomized block with split plot using the nutrient film technique (NFT) system. The plots corresponded to eight nutrient solutions with four minerals with composition suggested by Bernardes, Furlani, Castelane & Araújo, Ueda and four organomineral solutions with the same composition as the aforementioned. The subplots were composed of three varieties of leaf lettuce: Thais, Vanda, and Veronica. During the experiment, the EC parameters, pH, consumption and temperature of nutrient solutions were monitored daily for 24 days. After this period we assessed the growth parameters,

production, parasitological quality, and microbiological quality of the product, as well as the economic analysis of lettuce produced by the treatments. The organomineral solutions presented more resistance to changes in pH, however, lower yields were obtained compared to mineral solution. Results of microbiological and parasitological quality on the samples of lettuce analyzed showed no contamination by *E. coli* and *Salmonella*, regardless of nutritious solution, according to standards set by the National Health Surveillance Agency - ANVISA. The growth hydroponic of lettuce proved to be a profitable activity. However, according to the simulation performed, the loan discharge ranged for the choice of solutions being impracticable only the use of organomineral solutions Castelane & Araújo, Bernardes and Ueda.

Keywords: *Lactuca sativa*, *L.*, hydroponics, nutrition, SOLVER

## **CAPÍTULO 1**

### **CONSIDERAÇÕES INICIAIS**



## 1. Introdução

A cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) possui importância indiscutível para a alimentação humana sendo explorada em todo o território nacional devido ao seu sabor, ao baixo custo e à qualidade nutricional, tais como vitaminas, sais minerais e fibras. Constitui-se na mais popular hortaliça dentre aquelas cujas folhas são consumidas cruas e ainda frescas (Fernandes et al., 2002; Cometti et al., 2004; Helbel Junior et al., 2007).

Segundo dados do IBGE (2009), a produção de alface no Brasil é estimada em 525,602 t/ano, dos quais, 98,01% são destinados à comercialização. No estado da Paraíba a produção da alface se concentra principalmente nos cinturões verdes localizados próximos aos grandes centros comerciais. A produção no estado, segundo estudo do IBGE (2009) é de 6530 t das quais 6234 t são comercializadas. Entretanto, o estado se encontra dentro das fronteiras do que se denomina semiárido, caracterizado por índice pluviométrico baixo e irregular e menor do que a evapotranspiração anual (Silva et al., 2011); desta forma, a produção de hortaliças pode ser comprometida na maior parte do ano por falta de água para irrigação.

A hidroponia surge como alternativa para a produção de hortaliças, em especial da alface, em regiões que apresentam pouca disponibilidade de água, visto que uma de suas principais características é o baixo volume de água utilizado no processo, em comparação ao sistema de produção convencional.

A técnica da hidroponia vem-se expandindo rapidamente nas proximidades dos grandes centros urbanos, onde as terras agricultáveis são escassas e caras havendo grande demanda por produtos hortícolas. Em tais regiões as hortaliças são produzidas, em sua maior parte, sob cultivo protegido, situação em que o sistema hidropônico se apresenta como alternativa vantajosa (Martinez & Silva Filho, 2006).

Apesar do cultivo hidropônico se encontrar em plena expansão no Brasil (Furlani, 2008), no Nordeste este sistema de produção ainda é pouco desenvolvido, o que se deve, em parte, à carência de comercialização de fertilizantes solúveis mesmo nos grandes centros da região nordeste, levando o produtor a importar esses insumos de outras regiões, o que aumenta significativamente os custos, uma prática que, sem dúvida nenhuma, pode oferecer redução dos custos de produção no sistema hidropônico, é a substituição ou diminuição do uso de fertilizantes minerais por fontes

alternativas e mais econômicas como, por exemplo, a utilização de produtos orgânicos, tais como o soro de leite, melão, esterco e urina de vaca disponíveis na propriedade rural, na forma de biofertilizante caracterizando um sistema hidropônico com uso de soluções nutritivas orgânicas ou organominerais. Além da redução de custos, a utilização de resíduos gerados nas propriedades na produção hidropônica contribui para uma agricultura mais sustentável.

Segundo Braccini et al. (1999), a manutenção e a renovação das soluções nutritivas podem ser realizadas com base na depleção máxima de nutriente, condutividade elétrica e curvas de absorção de nutrientes, adição constante de solução nutritiva, e no fluxo de íons, entre outras. O método da condutividade elétrica é bastante utilizado pelos agricultores em virtude de sua praticidade e custo; contudo, sua calibração para valores desejados torna-se difícil uma vez que o acréscimo de nutrientes influencia diretamente na concentração da solução; outro aspecto que merece destaque é a qualidade sanitária da alface, que, normalmente, é consumida de forma “*in natura*” e sem lavagem e controle sanitário adequado, serve como transmissor de microrganismos patogênicos causadores de doenças (Itohan et al., 2011). Em cultivos convencionais a utilização de fertilizantes orgânicos em hortaliças aumenta os riscos de contaminação microbiológico e parasitológico quando aplicados via foliar. A utilização de sistemas hidropônicos apresenta-se como opção viável para tal problema, uma vez que a solução nutritiva entra em contato apenas com as raízes da cultura; neste sistema a contaminação ocorre principalmente pelo manejo diário e colheita inadequada (Hollyer et al., 2009).

De acordo com Soares (2002), o cultivo da alface corresponde, no Brasil, a 90% do total produzido hidroponicamente, o que enfatiza a importância de estudos econômicos para esta cultura e sistema de cultivo, possibilitando maior suporte científico e segurança aos agricultores. Vale a pena salientar que a substituição parcial ou total dos fertilizantes minerais pelos de origem orgânica, além de diminuir os custos de produção reduz a dependência do agricultor em relação aos adubos químicos.

Infelizmente, poucos são os trabalhos relacionados ao uso de soluções orgânicas ou organominerais no cultivo hidropônico da alface, assim como o manejo da calibração, monitoramento do potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e temperatura, bem como o consumo de tais soluções pela cultura durante seu

ciclo produtivo. O manejo adequado das soluções nutritivas influencia diretamente a produção hidropônica o que torna um desafio diário para o produtor manter a solução nutritiva dentro dos padrões ideais para a cultura.

De acordo com o exposto, a hidroponia com o uso de soluções organominerais pode ser uma alternativa para a melhoria de vida do produtor da região semiárida, haja vista que possibilita economia de água, melhor qualidade nutricional e sanitária do produto colhido e melhor relação custo/benefício, pela substituição de parte dos fertilizantes minerais pelos de origem orgânica.

## **2. Objetivos da Pesquisa**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar, técnica e economicamente o cultivo de cultivares de alface do grupo Crespa em sistema hidropônico com soluções nutritivas minerais e organominerais otimizadas através da ferramenta SOLVER do Microsoft Office Excel.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar o cultivo de cultivares de alface em sistema hidropônico tipo floating com soluções nutritivas otimizadas;
- Otimizar a calibração das soluções nutritivas minerais e organominerais através da ferramenta SOLVER do Microsoft Office Excel;
- Avaliar o desempenho agrônômico de três cultivares da alface, em função dos tratamentos;
- Avaliar a qualidade sanitária da alface crespa produzida hidroponicamente com o uso de soluções nutritivas minerais e organominerais;
- Avaliar a viabilidade econômica de três cultivares de alface crespa (Veronica, Vanda e Thais) cultivadas com soluções nutritivas minerais e organominerais formuladas em relação às sugeridas na literatura.

### 3. Revisão Bibliográfica

#### 3.1 Cultura da alface

A alface (*Lactuca sactiva*) é uma planta herbácea cujas folhas apresentam alto valor nutricional e alimentício (Borcioni, 2008). Pertencente à família Asteraceae da subfamília Cichoriaceae, é considerada planta anual de origem na Índia ou Ásia Central. Por volta do ano 4500 a.C. já era conhecida no Egito e chegou ao Brasil no século XVI, trazida pelos portugueses. Segundo Mattarredona Neto (2008), a alface é considerada a hortaliça folhosa mais importante na alimentação dos brasileiros devido à facilidade de ser adquirida e servida *in natura* na forma de salada crua e por ser produzida durante o ano inteiro além de ter baixo valor energético, razão pela qual é indicada na dieta alimentar de convalescentes e idosos.

O cultivo da alface apresenta expressiva importância econômica por apresentar manejo fácil, ciclo curto de crescimento, alta produtividade, maior número de cultivos por ano e rápido retorno financeiro. Sua produção se dá em maior concentração no entorno dos grandes centros consumidores e os produtores especializados utilizam largamente o cultivo protegido como forma de proteger a cultura dos efeitos climáticos garantindo, assim, melhores preços na entressafra (Trani et al., 2006). A alface tem grande importância na alimentação e na saúde humana destacando-se principalmente como fonte de vitaminas e sais minerais, constituindo-se na hortaliça mais popular, tanto pelo sabor e qualidade nutritiva e sobretudo pela facilidade de aquisição e produção durante o ano todo além do seu baixo custo (Oliveira et al., 2004; Cometti et al., 2004).

Espécie típica de inverno, desenvolve-se e produz melhor em condições de temperaturas amenas; seu ciclo é anual, encerrando a fase vegetativa quando a planta atinge o maior desenvolvimento das folhas. A fase reprodutiva consiste na emissão do pendão floral sendo favorecida pelas épocas de elevadas temperaturas e dias longos (Filgueira, 2008).

Por ser um produto perecível, a alface é consumida *in natura*, principalmente na forma de saladas cruas e sanduíches, sendo as regiões Sul e Sudeste as maiores consumidoras (Lopes et al., 2005).

Até o início da década de oitenta o cultivo da alface no Brasil era restrito às regiões de clima ameno, próximas aos grandes centros urbanos, as quais possibilitavam o cultivo durante todo o ano (Branco et al., 2001). Novas tecnologias, como o cultivo protegido, têm permitido aumentar a produção na época chuvosa e regularizar a oferta ao longo do ano (Filgueira, 2008).

A vantagem de se plantar alface em cultivo protegido, em especial na hidroponia-NFT, está na redução de mão de obra, precocidade de produção, custo de produção e na qualidade do produto final, com padronização adequada, e limpeza, gerando uma agregação maior de valor (Sanchez, 2007; Bezerra Neto & Barreto, 2012).

### **3.2 A técnica da hidroponia**

O termo hidroponia significa o cultivo de plantas em meio líquido. É derivado de duas palavras de origem grega: *hydro*, que significa água, e *ponos*, trabalho; o cultivo hidropônico de hortaliças ocorre em ambiente protegido, atualmente muito difundido (Cuppini et al., 2010) devido à possibilidade de controle das condições adversas de cultivo que favorece o desenvolvimento das plantas permitindo a produção de olerícolas de melhor qualidade (Helbel Júnior et al., 2008). Em razão dessa tendência do mercado hortícola, o cultivo hidropônico vem aumentando em importância a cada ano, o que tem contribuído para modificar, parcial ou totalmente, os sistemas de cultivo tradicionais (Gualberto et al., 2009).

O cultivo hidropônico representa uma opção vantajosa quando comparada ao cultivo convencional por obter produtos de qualidade superior, mais uniformes, com maior produtividade, menor custo de mão de obra, menor gasto de água e de insumos agrícolas, além de preservar o meio ambiente (Lopes et al., 2005).

Dentro do cultivo protegido a hidroponia é um sistema de produção intensificado e muito adotado para a produção de alface, em razão do curto ciclo de produção (45-60 dias) e da fácil aceitação no mercado (Luz et al., 2006). O cultivo hidropônico possui diversas vantagens como: uso de águas salobras, viabilizando sua utilização com maior segurança ambiental (Saavas et al., 2007; Al-Karaki et al., 2009; Santos et al., 2010), possibilidade de aproveitamento de áreas inaptas ao cultivo convencional, tais como zonas áridas e solos degradados, diminuição do uso de

inseticidas e fungicidas, independência do cultivo às intempéries tais como veranico, geadas, chuvas de granizo, ventos, encharcamentos e às estações climáticas permitindo o cultivo durante todo o ano com redução do uso de mão de obra nas atividades “braçais”, como capina e preparo de solo; além disto, ocorre antecipação da colheita em virtude do encurtamento do ciclo da planta que, promovendo um retorno econômico rápido, dispensa a rotação de culturas e economiza água; por outro lado e segundo esses autores, a hidroponia possui algumas desvantagens, como: alto custo de instalação dos sistemas; necessita de acompanhamento permanente do funcionamento do sistema, em especial do fornecimento de energia elétrica e do controle da solução nutritiva, de mão-de-obra e de assistência técnica especializada (Santos & Minami, 2002)

### **3.3 Qualidade sanitária da alface**

A consciência de que uma dieta mais saudável e equilibrada pode ser um bom aliado na prevenção de doenças, tem levado a população à busca por alimentos frescos, com baixo valor calórico como hortaliças, que são boas fontes de vitaminas, sais minerais e fibras, importantes componentes para uma vida saudável.

Dentre as hortaliças produzidas no Brasil a alface apresenta destaque na categoria salada, a qual tem sido muito utilizada como componente de decoração de pratos e na confecção de lanches, entre outros, em dietas de baixa caloria.

As hortaliças, em especial as consumidas cruas, carecem ser puras e saudáveis; contudo, essas possibilitam a ocorrência de enfermidades gastrointestinais uma vez que podem ser veiculadoras de helmintos, protozoários e outros patógenos, quando adubadas e/ou irrigadas com água contaminada por dejetos fecais.

De acordo com Nascimento et al. (2005) e Santos et al. (2004), as saladas de hortaliças cruas estão associadas, comunmente, à presença de várias espécies de microrganismos, entre os quais *Escherichia coli*, *Salmonella spp.*, bactérias mesófilas e coliformes, indicadores de condições de higiene e sanitárias inadequadas durante o cultivo, processamento, embalagem e transporte das hortaliças.

A contaminação microbiológica da alface pode ocorrer antes e após a colheita, através do contato com o solo, irrigação com água contaminada, transporte e pelas mãos dos manipuladores (Constantin et al., 2013).

As hortaliças cruas, destacando-se a alface, podem ser veiculadoras de patógenos em surtos de toxinfecções, devido à presença de *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Listeria monocytogenes*, *Aeromonas hydrophila* e *Staphylococcus aureus* veiculados a águas contaminadas e contaminação cruzada (Ribeiro-Nascimento et al., 2005).

As hortaliças são de modo geral essenciais e fazem parte da dieta alimentar de boa parte da população mundial. Normalmente, são consumidas de forma “*in natura*” e, sem lavagem e controle sanitário adequados, servem como transmissores de microrganismos patogênicos causadores de doenças (Itohan et al., 2011; Tonet et al., 2011).

Diversos autores investigaram a qualidade sanitária em hortaliças comumente consumidas sob a forma *in natura*. Cabrini et al. (2002), verificaram, avaliando 42 amostras de alface comercializada nos mercados da cidade de Limeira-SP, que quase 100% das mesmas (41) apresentaram coliformes totais e 17 apresentaram *E. coli*.

Guimarães et al. (2003), encontraram baixos padrões higiênicos em amostras de alface (*Lactuca sativa*, L.) comercializadas em Lavras (MG), indicados pela presença de formas parasitológicas de origem animal ou humana e alta concentração de coliformes fecais.

Tresseler et al. (2009), detectaram, avaliando a qualidade microbiológica em hortaliças minimamente processadas, a presença de *Salmonella sp* em algumas amostras, tornando-as impróprias para o consumo humano.

Santos et al. (2010), constataram, avaliando a qualidade da alface comercializada no município de Botucatu - SP, a inexistência de salmonelas em plantas de alface comercializadas no município de Botucatu, entretanto a alface apresentou condições higiênico-sanitárias insatisfatórias.

Embora este problema de saúde pública seja relevante, poucos são os dados encontrados na literatura avaliando a qualidade sanitária de alface produzida em sistema hidropônico. Santana et al. (2006), observaram, estudando a qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces em cultivo convencional, orgânico e hidropônico que todas as amostras analisadas foram consideradas de qualidade microscópica insatisfatória. Souza et al. (2006), concluíram, realizando a avaliação higiênico-sanitária de alfaces cultivadas pelos processos convencional e hidropônico e

comercializadas em Rio Branco, AC, que as alfaces provenientes de cultivo convencional apresentaram maior grau de contaminação que as hidropônicas.

### **3.4 Solução nutritiva organomineral**

Trabalhos científicos que relatam o uso de soluções organominerais no cultivo da alface em sistema hidropônico, são limitados. Estudos a exemplo dos de Costa et al. (2006) e Dias et al. (2009), que utilizaram biofertilizante como solução nutritiva no cultivo de alface, não obtiveram resultados satisfatórios uma vez que as soluções não ficaram nutricionalmente equilibradas. Entretanto, o uso de fertilizantes orgânicos na solução nutritiva pode ser viável desde que seja complementada com solução mineral convencional. Ribeiro et al. (2007), avaliaram diferentes concentrações de biofertilizante na solução nutritiva em cultivo hidropônico de alface obtendo resultados promissores, haja vista que o biofertilizante foi eficiente na substituição de até 60% da solução nutritiva convencional. Muller et al. (2006) verificaram, estudando o cultivo de forragem hidropônica de trigo com soluções nutritivas, inorgânica e orgânica parcialmente corrigida, que a solução nutritiva orgânica obteve valores ligeiramente melhores em relação à solução inorgânica, em todas as idades de colheita.

É de conhecimento geral que os compostos orgânicos são bons fertilizantes quando aplicados ao solo; entretanto, quanto à sua utilização em sistema de cultivo hidropônico, sua viabilidade é questionada devido ao efeito fitotóxico e inibidor do crescimento das plantas visto que os microrganismos competem com as plantas por oxigênio e nutrientes (Atkin & Nichols, 2004).

No solo, o nitrogênio orgânico contido nos fertilizantes orgânicos é mineralizado a  $N-NO_3^-$  por microrganismos, sendo integrado pelos processos de amonificação e nitrificação. Em sistema de cultivo hidropônico a absorção de nitrogênio pela maioria das hortícolas se dá, preferencialmente, na forma de  $N-NO_3^-$ . O nitrogênio amoniacal  $N-NH_4^+$  também pode ser fornecido às plantas porém, se em concentrações elevadas, o mesmo poderá provocar injúrias à cultura. Portanto o sucesso da hidroponia orgânica dependerá da estabilização de um método de mineralização de  $N-NO_3^-$  via amonificação e nitrificação em solução. Shinohara et al. (2011) acrescentaram, à solução orgânica substratos orgânicos ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ ) contendo



microrganismos nitrificadores durante sete dias e obtiveram uma eficiência de 97,6% na transformação de nitrogênio orgânico em  $N-NO_3^-$ . Ainda conforme os autores, a utilização de soluções orgânicas inoculadas no sistema hidropônico foi conveniente e prática, não necessitando de tratamento prévio.

### **3.5 Ferramenta Solver do Microsoft Excel: instrumento no processo de tomada de decisão**

Atualmente, o interesse de produtores brasileiros em sistemas hidropônicos vem aumentando; com relação ao retorno financeiro desta atividade, o produtor deve considerar os custos dos insumos, energia elétrica, quantidade de alfaces vendidas e o período de maturação do vegetal; muitas vezes o produtor não considera todas essas variáveis e toma decisões equivocadas.

A utilização de sistemas computacionais tem-se tornado indispensável nos dias atuais. Santos et al. (2008) recomendam, avaliando os aspectos econômicos da alface hidropônica o uso de ferramentas computacionais para a otimização da produção. A Pesquisa Operacional (PO) é um método matemático utilizado no processo de tomada de decisão (João & Garcia, 2001), desenvolvida por pesquisadores ingleses durante a segunda guerra mundial com o objetivo de utilizar de forma eficaz os recursos militares. Por volta de 1947 o americano George B. Dantzig também utilizou a PO visando oferecer subsídios técnicos para distribuir, de forma ótima, as tropas, entre as diferentes frentes de batalha, ocasião em que o método foi batizado de Simplex (BIM et al., 2006).

Segundo Lachtermacer (2004), a Pesquisa operacional pode ser utilizada em problemas de otimização de recursos, localização, roteirização, carteiras de investimento, alocação de pessoas e de previsão e planejamento. No contexto da pesquisa operacional a programação linear (PL) tem sido aplicada em diferentes áreas; segundo Bodanese et al. (2005), algumas das aplicações que se tornaram clássicas foram a blindagem de ligas metálicas e petróleo, transporte, designação de pessoas e tarefas (composição de tabelas de horários), corte de barras e chapas, a formulação de rações e adubos etc. Fernandes et al. (2011) formularam, com o auxílio do SOLVER, um biofertilizante capaz de atender às necessidades nutricionais da cultura do milho

A Programação Linear resolve os problemas em que exista um objetivo a ser atingido; em geral, o objetivo é maximizar ou minimizar uma variável dependente, que é função linear de diferentes variáveis independentes, sujeita a muitas restrições (João & Garcia, 2001).

A restrição é aquilo que impede o desempenho melhor de um sistema e, normalmente, representa limitações de recursos disponíveis (capital, mão de obra, recursos minerais ou fatores de produção) ou exigências e condições que devam ser cumpridas no problema. As restrições delimitam a região de um plano na qual se insere o conjunto das soluções viáveis. A melhor dessas soluções, ou seja, aquela que maximiza ou minimiza a função-objetivo, é chamada solução ótima. A programação linear visa determinar esta solução ótima (BIM et al., 2006). Para a resolução de problemas de PL podem ser utilizadas diversas ferramentas computacionais, como é o caso do Lindo, Lingo, Mesek, MathLab, Solver (ferramenta do Software Microsoft Excel®); contudo e devido à disponibilidade e ao conhecimento empírico do Excel, o Solver é bastante utilizado (Cezarino et al., 2008).

#### **4. Referências Bibliográficas**

Al-Karaki, G.; Al- Ajmi,A.; Otaman, Y. Response of soilless grown bell pepper cultivars to salinity. **Acta Horticulturae**, v.8, p. 227-323. 2009.

Atkin, K.; Nichols, M. A. Organic hydroponics. **Acta Horticulturae**, n. 648, p.121–127, 2004.

Bezerra Neto, E.; Barreto, L. P. As técnicas de hidroponia. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, vols. 8 e 9, p.107-137, 2012.

Bim, P. H. M.; Rabaldelli, D. J. C.; Consolaro, P.; Santos, J. C. S.; Scanavacca, A. D.; Pedrolli, J. C.; Tamae, R. Y. Estudo de caso baseado na solução de problema

hipotético de alocação de recursos limitados com técnicas de programação linear através da ferramenta solver do Microsoft Excel. **Revista Científica Eletrônica de Psicologia**, n. 5, p. 5-12, 2006.

Bodanese, R. E.; Oliveira, J. A.; Scalabrin, I.; Mores, C. J. Teoria das restrições, pesquisa operacional e programação linear, estudo de caso com utilização do solver. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CUSTOS, 9., 2005, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis, 2005. 1 CD-ROM.

Borcioni, E. Equações de estimativa do crescimento do sistema radicular e produção de fitomassa de alface hidropônica. 72 p. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais - Universidade Federal de Santa Maria. 2008.

Braccini, M. C. L.; Braccini, A. L. E.; Martinez, H. E. P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. *Ciências Agrárias*, v.20, p.48-57, 1999.

Branco, R. B. F.; May, A.; Salatiel, L. T.; Presotti, L. E.; Cavarianni, R. L.; Cecílio Filho, A. B. Avaliação de cultivares de alface, cultivadas em hidroponia, em três épocas de plantio. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 701-702, 2001.

Cabrini, K.; Siviero A. R.; Honório, E. F.; Oliveira, L. F. C.; Venâncio, P. C. T.. Pesquisa de coliformes totais e *E. coli* em alfaces (*Lactuca sativa*) comercializadas na cidade de Limeira, SP, Brasil. **Revista Higiene Alimentar**, v. 16, n. 95, p. 92-94. 2002.

Cezarino, W.; Silva Filho, O. S.; Ratto, J. R. Planejamento agregado da produção: modelagem e solução via planilha Excel e Solver. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008. 1 CD-ROM.

- 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, n. 4, p. 748-753, 2004.
- Costa, N. E.; Ribeiro, M. C. C.; Lima, J. S. S.; Cardoso, A. A.; Oliveira G. L. Utilização de biofertilizante na alface para o Sistema hidropônico floating. **Revista Verde**, v.1, n.2, p. 41-47, 2006.
- Costantin, B. D. S.; Gelatti, L. C.; Dos Santos, O. Avaliação da contaminação parasitológica em alfaces: Um estudo no sul do Brasil. **Revista Fasem Ciências**, v. 3, n. 1, p. 1-14, 2013.
- Cupini, D. M.; Zotti, N. C.; Leite, J. A. O. Efeito da irrigação na produção da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.), variedade "Pira Roxa" manejada através de "Tanque Classe A" em ambiente protegido. **Perspectiva**, v.34, n. 137, p.53-61, 2010.
- Dias, N. S.; Brito, A. F.; Sousa Neto, O. N.; Lira, R. B.; Brito, R. F. Produção de alface hidropônica utilizando biofertilizante como solução nutritiva. **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.158-162, 2009
- Fernandes J. D.; Monteiro Filho A. F.; Chaves L. H. G.; Gonçalves C.; P. Cruz M. P. Formulação de biofertilizante utilizando a ferramenta Solver do Microsoft Office. **Revista Verde**, v.6, n.4, p.101-105, 2011.
- Fernandes, A. A.; Martinez, H. E. P.; Pereira, P. R. G.; Fonseca, M. C. M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 195-200, 2002.
- Filgueira, F. A. R. **Novo manual de olericultura : agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV. 2008. 421 p.

- Furlani, P.R. *Pythium* em sistemas hidropônicos – danos e perspectivas para o controle: Principais sistemas hidropônicos em operação no Brasil. **Summa Phytopathologica**, v. 34 (suplemento), p.146-147, 2008.
- Gualberto, R.; Oliveira, P. S. R.; Guimaraes, A. M. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 7-11, 2009.
- Guimarães, A. M.; Alves, E. G. L.; Figueiredo, H. C. P.; Costa, G. M.,.; Rodrigues, L. S. Frequência de enteroparasitas em amostras de alface (*Lactuca sativa*) comercializada em Lavras, Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, n. 36, n. 5, p. 621-623, 2003.
- Helbel Júnior, C. Rezende, R.; Freitas, P. S. L. De ; Frizzone, J. A. Influência da condutividade elétrica, concentração iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n. 4, p.1142-1147, 2008.
- Helbel Junior, C.; Rezende, Frizzone, R. J. A.; Santos, H. S.; Dallacort, R. Produção hidropônica da cultura da alface com soluções nutritivas e vazões distintas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 3, p. 391-395, 2007.
- Hollyer, J.; Tamaru, C.; Riggs, A.; Klinger-Bowen, R. E.; Howerton, R.; Okimoto, D.; Castro, L., Ron, T. B., Fox B. K. , Troegner, V.; Martinez, G. On-Farm Food Safety: Aquaponics, **Food Safety and Technology**, n. 38, p. 1-8, 2009.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 777 p.

- Itohan, A. M.; Peters, O.; Kolo, I. Bacterial contaminants of salad vegetables in Abuja Municipal Area Council, Nigeria. **Malaysian Journal of Microbiology**, v. 7, n. 2, p. 111-114, 2011.
- João, C. L.; Garcia, E. A. R. Programação linear: uma aplicação à contabilidade de custos ao processo de decisão. In: VII CONGRESSO DEL INSTITUTO INTERNACIONAL DE COSTOS, 7., 2001, Leon. **Anais...** eletrônicos, Leon, 2001.
- Lachtermacher, G. **Pesquisa Operacional Na Tomada De Decisões**, 2ª edição; editora Campus; São Paulo/SP; p.26 – 261; 2004.
- Lopes, J. C. Ribeiro. L. G.; Araújo, M. G. de; Beraldo, M. R. B. S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 143-147, 2005.
- Luz, J. M. Q.; Guimarães, S. T. M. R.; Korndörfer, G. H. Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.3, p.295-300, 2006.
- Martinez, H.E.P.; Silva Filho, J.B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 3. ed. Viçosa: UFV, 111p. 2006
- Mattarredona Netto, R.; Silva, J. B.; Schwengber, J. E.; Schiedeck, G.; Produção de mudas de alface em diferentes substratos orgânicos. XVII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, X ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 17, 2008, **Anais...** Disponível em: <[http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA\\_01268.pdf](http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA_01268.pdf)>. Acesso em: 12 mai. 2013.
- Müller, L.; Manfron, P. A.; Santos, O. S.; Medeiros, S. L. P.; Dourado Netto, D.; Morselli, T. B. G. A.; Luz, G. L.; Bandeira, A. H. Efeito de soluções nutritivas na

produção e qualidade nutricional da forragem hidropônica de trigo (*Triticum aestivum* L.). **Zootecnia Tropical**, v. 24, n.2, p.137-152, 2006.

Nascimento, M., Ribeiro, A.. Incidência de *Escherichia coli* e salmonela em alface (*Lactuca sativa*). **Revista Higiene Alimentar**, v.19, n.128, p.121- 124, 2005.

Oliveira, A. C. B.; Sedyama, M. A. N.; Pedrosa, M. W.; Pinheiro, N. C.; Garcia.; Garcia, S. L. R. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 26, n. 2, p. 211-217, 2004.

Ribeiro, K.; Ferreira, E.; Costa, M.S. S. M.; Gazolla, D.; Szimanski, C. Uso de biofertilizante no cultivo de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p. 1600-1603, 2007

Ribeiro-Nascimento, A.; Filho, J. E. M.; Filho, V. E. M.; Martins, A . G. A. L.; Rosa, C. C. B.; Martins, M .L. L.; Folly, M. M. Avaliação microbiológica de hortaliças provenientes de hortas comunitárias de Campos dos Goytacazes – RJ. **Revista Higiene Alimentar**, v.19, n. 134, p.75-80. 2005.

Saavas, D.; Stamati, E.; Tsirogirogianjis, I. L.; Martzos, N.; Barouchoas, P.E; Katsoulas, N.; Kittas, C.; Interaction between salinity and irrigation frequency in greenhouse peper grown in closed-cycle hy droponic systems. **Agricultural water Mangement**, v. 91, n.1, p. 105-111, 2007.

Sanchez, S. V. **Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP)**. Jaboticabal: UNESP, 2007. 63 p. Tese Doutorado.

Santana, L. R. R.; Carvalho, R. D.S.; Leite, C. C.; Alcântara. L. M.; Oliveira, T. W. S. De.; Rodrigues, B. M. Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfices (*lactuca sativa*) de diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v.26, n. 2, p. 264-269, 2006.

- Santos, A. O.; Ribeiro Neto, B. L.; Zwirte, D. S.; Silva, R. B.; Yonenaga, W. H. Produção de alface hidropônica: uma abordagem pela dinâmica de sistemas. **Anais...** 4º Congresso Brasileiro de Sistemas – Centro Universitário de Franca Uni-FACEF, 2008.
- Santos, T. B. A.; Balioni, G. A.; Soares, M. M. S. R.; Ribeiro, M. C. Condições higiênico-sanitárias de alfaces antes e após tratamento com agente antibacteriano, **Higiene Alimentar**, v. 18 n. 121, p.85-89. 2004.
- Santos, R. N. C; Minami, K. **Cultivo Hidropônico Do Meloeiro**. Piracicaba : Esalq, 2002. 38 p.(Série Produtor Rural, Edição Especial)
- Santos, R. S.; Dantas, D.; Nogueira, F. P.;Dias, N. S.; Neto, M. F.;Gurgel, M. T. Utilização de águas salobras no cultivo hidropônico da alface. **Irriga**, v.15, n.1, p.111-118, 2010.
- Santos, C. M. G.; Braga, C. L.; Vieira, M. R. S., Cerqueira, R. C.; Brauer, R. L.; Lima, G. P. P. Qualidade da alface comercializada no município de Botucatu SP. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, v. 11, n. 1, p.67-74. 2010.
- Shinohara, M.; Aoyama, C.; Fujiwara, K.; Watanabe, A.; Ohmori, H.; Yoichi Uehara, Y.; Takano, M. Microbial mineralization of organic nitrogen into nitrate to allow the use of organic fertilizer in hydroponics. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 57, n. 2, 190-203, 2011.
- Silva, V. de P. R. da; Pereira, E. R. R.; Azevedo, P. V. de; Sousa, F. de A. S.; Sousa, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n. 2, p.131-138, 2011.
- Soares, I. **Alface: cultivo hidropônico**. Fortaleza: UFC, 50p. 2002.
- Souza, M. L.; Bezerra, D. C. F.; Furtado, C. M.. Avaliação higiênico-sanitária de alfaces (*Lactuca sativa* L) cultivadas pelos processos convencional e hidropônico e



comercializadas em Rio Branco, AC. **Revista Higiene Alimentar**, v.20, n. 145, p. 92-99, 2006.

Tonet, A.; Ribeiro, A. B.; Bagatin, A. M.; Quenehenn, A.; Suzuki, C. C. L. F. Análise microbiológica da água e da alface (*lactuca sativa*) cultivada em sistema aquapônico, hidropônico e em solo. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v.2, n. 2, p. 83-88, 2011.

Trani, P. E.; Novo, M. C. S. S.; Cavallaro Júnior, M. L.; Gonçalves, C.; Maggio, M. A.; Giusto, A. B.; Vailati, M. L. Desempenho de cultivares de alface sob cultivo protegido. **Bragantia**, v.65, n.3, p.441-445, 2006.

Tresseler, J. F. M.; Figueiredo, E. A. T. de; Figueiredo, R. W.; Machado, T. F.; Delfino, C. M.; Souza, P. H. M. de; Avaliação da qualidade microbiológica de hortaliças minimamente processadas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, edição especial, p. 1722-1727, 2009.

## **CAPÍTULO 2**

### **CULTIVO HIDROPÔNICO DE CULTIVARES DE ALFACE EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS ORGANOMINERAIS OTIMIZADAS COM A FERRAMENTA SOLVER**

## **Cultivo hidropônico de cultivares de alface em soluções nutritivas organominerais otimizadas com a ferramenta SOLVER**

**RESUMO:** Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o cultivo de cultivares de alface em sistema hidropônico tipo floating com soluções nutritivas otimizadas pela ferramenta SOLVER do Microsoft Office Excel. O experimento foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual da Paraíba adotando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições. Os fatores foram 4 soluções nutritivas (S1 = 100% de solução mineral; S2 = 90% de solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 = 84% de solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 = 78% de solução mineral + 22% de solução orgânica) e 3 cultivares de alface (C1 - Crespa; C2 - Manteiga e C3 - Rubi). Avaliaram-se a altura da planta, o diâmetro caulinar, o número de folhas, o comprimento da raiz, a massa da matéria fresca e a massa da matéria seca da alface. As soluções organominerais promoveram maior resistência à variação do pH e substituíram parcialmente a solução mineral. As melhores médias biométricas e de produção ocorreram para as cultivares Crespa e Manteiga e para as soluções mineral, mineral + 10% de solução orgânica e mineral + 22% de solução orgânica.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L. fertilizante, otimização

## **Hydroponic cultivation of lettuce varieties under optimized organominerals nutrient solution with the SOLVER**

**ABSTRACT:** The study aimed to evaluate the cultivation of lettuce varieties in floating type hydroponic system with nutrient solutions optimized by the SOLVER tool of the Microsoft Office Excel. The experiment was conducted at the Center of Environmental and Agricultural Sciences Center of the Paraíba State University, adopting an entirely randomized experimental design arranged in factorial scheme 4 x 3, with three repetitions. The factors were 4 nutrient solutions (S1 = 100% mineral solution; S2 = 90% mineral solution + 10% organic solution; S3 = 84% mineral solution + 16% organic solution and S4 = 78% mineral solution + 22% organic solution) and 3 lettuce

varieties (C1 - Crespa; C2 - Monteiga and C3 - Ruby). The plant height, stem diameter, number of leaves, the length of the root, fresh matter weight and the dry matter weight of the lettuce were evaluated. The organominerals solutions promoted a greater resistance to variation of the pH and replaced partially the mineral solution. The best biometric and production means were observed for the Crespa and Monteiga varieties and for the mineral solution, mineral solution + 10% of organic solution and mineral solution + 22% of organic solution.

**Key words:** *Lactuca sativa* L. fertilizer. Optimization

## Introdução

Em quase toda sua totalidade, o Nordeste brasileiro está inserido no semiárido, caracterizado por índices pluviométricos baixos em algumas regiões e irregulares em outras (Silva et al., 2011). A região do brejo paraibano apresenta baixo índice de precipitação pluviométrica agravado pela pequena quantidade de mananciais para armazenamento de água. A população local vive quase que exclusivamente da prática da agricultura familiar em que dentre as hortaliças, em especial a alface, é a mais produzida (Santos et al., 2011).

Uma alternativa para aumentar a renda dos produtores de hortaliças do brejo paraibano seria a produção hidropônica. Os agricultores que fazem uso do sistema hidropônico de produção obtêm maiores preços por seus produtos uma vez que neste método de produção há redução ou mesmo nenhuma utilização de agrotóxicos, além de ser um sistema que proporciona economia de água (Castellane & Araújo, 1994).

Na região semiárida o sistema de hidroponia é, muitas vezes, inviabilizado pela carência de comercialização de fertilizantes solúveis, mesmo nos grandes centros da região nordeste, levando o produtor a importar esses insumos de outras regiões, o que aumenta significativamente seus custos. Uma prática que, sem dúvida nenhuma, pode oferecer redução dos custos de produção no sistema hidropônico, é a substituição ou diminuição do uso de fertilizantes minerais por fontes alternativas e mais econômicas como, por exemplo, a utilização de produtos orgânicos (soro de leite, melão, esterco, urina de vaca etc.) disponíveis na propriedade na forma de biofertilizante caracterizando, assim, um sistema hidropônico orgânico ou organomineral. O interesse

na utilização de resíduos orgânicos gerados no meio rural é justificado não apenas pelos aspectos de reciclagem de nutrientes no próprio meio e aumento no rendimento das culturas mas também pela diminuição dos custos com o preparo das soluções nutritivas. Neste sentido, a utilização de nutrientes a partir de biofertilizantes associada à técnica de cultivo hidropônico é mais uma alternativa para diminuir a extração das reservas naturais de nutrientes do planeta contribuindo para a prática do saneamento ambiental e da sustentabilidade da propriedade agrícola (Factor et al., 2008).

A utilização da hidroponia orgânica ou organomineral pode ser uma opção para atender às dificuldades de produção de pequenos e médios produtores de olerícolas que, muitas vezes, não dispõem de produção suficiente para atender à demanda do mercado consumidor durante todo o ano diminuindo; daí, sua perspectiva de renda. Esta técnica não tenta competir com sistemas tradicionais de produção de olerícolas porém surge como alternativa de produção de alimentos de melhor qualidade nutricional e microbiológica potencializando sua aceitação por parte do consumidor.

Com o uso de solução organomineral, a hidroponia se caracteriza como alternativa para a melhoria de vida do produtor da região semiárida uma vez que possibilita economia de água, diminuição dos teores de nitrato e maior economia de produção (Castellane & Araújo, 1994; Martello et al., 2007).

A utilização de soluções orgânicas concentradas em sistemas hidropônicos já é alvo de pesquisa; Dias et al. (2009) recomendam a utilização de biofertilizantes com composição nutricional elevada visto que os nutrientes se mantêm na forma orgânica na solução nutritiva, não havendo mineralização por ausência de microrganismos neste ambiente de cultivo. A imobilização de nutrientes através de compostos orgânicos também deve ser considerada em virtude de influenciar na condutividade elétrica das soluções nutritivas.

Não há, praticamente, informações sobre formulações de biofertilizantes específicos para atender à necessidade nutricional de determinada cultura. A grande dificuldade de formular um biofertilizante com tais características está no cálculo para balancear cada nutriente uma vez que os ingredientes orgânicos possuem macro e micronutrientes em concentrações diferentes. O Solver do Microsoft Office Excel é uma ferramenta que poderá ser utilizada para solucionar tal problema por otimizar (minimizar ou maximizar) uma função de variáveis chamada função objetivo, sujeita a uma série de equações ou inequações lineares. Ante o exposto objetivou-se, com este

trabalho, avaliar o cultivo de três cultivares de alface em sistema hidropônico tipo Floating com diferentes soluções nutritivas, otimizadas por meio da ferramenta Solver.

## **Material e Métodos**

### **Condução do experimento**

O experimento foi conduzido em cultivo hidropônico do tipo Floating, em ambiente protegido (casa de vegetação), no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA ) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), situado na cidade de Lagoa Seca-PB, com as seguintes coordenadas geográficas: 7° 10' 15" S, 35° 51' 14" W, segundo a classificação climática de Köppen-Geige (Brasil, 1971), o clima do município é caracterizado como tropical úmido (As'), com temperatura média anual em torno de 22°C, sendo a mínima de 18°C e a máxima de 33°C.

O experimento foi executado em delineamento inteiramente casualizado disposto em esquema fatorial 4 x 3, com três repetições e quatro plantas por parcela. O primeiro fator se constituiu de 4 soluções nutritivas (S1 = 100% de solução mineral; S2 = 90% de solução mineral + 10% de biofertilizante; S3= 84% de solução mineral + 16% de biofertilizante e S4 = 78% de solução mineral + 22% de biofertilizante) e o segundo fator por três (3) cultivares de alface (C1 - Crespa; C2 - Manteiga e C3 - Rubi). A solução mineral foi preparada conforme Hogland & Snyder (1933).

### **Preparo e caracterização química da solução organomineral**

O biofertilizante utilizado neste trabalho foi preparado no CCAA/UEPB cujos ingredientes necessários para o preparo de 100 L foram os seguintes: 0,159 kg de sangue bovino; 17,466 kg de esterco bovino; 9,952 kg de soro de leite e 72,423 L de água; após sua fermentação (quarenta dias) uma amostra do mesmo foi retirada e encaminhada ao Laboratório de Referência em Dessalinização - LABDES/UFCEG para caracterização físico-química. A composição química percentual dos ingredientes utilizados na formulação das soluções nutritivas é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química percentual do biofertilizante e dos ingredientes utilizados para formulação das soluções nutritivas

Nutrientes	Ingredientes utilizados para formulação das soluções nutritivas																Solução de Hoagland & Snyder (1933)
	A <sup>(1)</sup>	B	C <sup>(1)</sup>	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	kg 100 L <sup>-1</sup>
N	0,46	0,17	0,12	0,00	14,00	11,80	11,50	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,1x10 <sup>-2</sup>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,08	0,15	0,05	0,00	0,00	0,00	60,00	22,80	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3x10 <sup>-3</sup>
K <sub>2</sub> O	2,38	0,1	0,08	49,80	47,00	0,00	0,00	28,70	60,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,3 x10 <sup>-2</sup>
Ca	0,82	0,13	0,06	0,00	0,00	17,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2 x10 <sup>-2</sup>
Mg	0,35	0,02	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	4,8 x10 <sup>-3</sup>
S	0,35	0,457	1,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	12,00	11,00	21,00	13,00	0,00	0,00	0,00	6,4x10 <sup>-3</sup>
B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	17,70	0,00	0,00	5x10 <sup>-5</sup>
Zn	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	47,0	0,00	35,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,2x10 <sup>-5</sup>
Fe	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,43	5 x10 <sup>-4</sup>
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00	0,00	28,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,8 x10 <sup>-6</sup>
Cu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12x10 <sup>-6</sup>
Custo kg <sup>-1</sup>	0,1	0,16	0,1	1,5	2,8	1,8	4,0	2,0	4,52	10,0	6,0	6,0	1,4	6,0	0,0	219,0	

<sup>(1)</sup>Pereira et al. (2007); A = Melaço; B = Biofertilizante; C = Soro de leite; D = Cloreto de potássio (KCl); E = Nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub>); F = Nitrato de cálcio (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>); G = Fosfato monoamônio (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>); H = Fosfato de potássio (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>); I = Cloreto de potássio (KCl); J = Sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>); K = Sulfato de zinco (ZnSO<sub>4</sub>); L = Sulfato de manganês (MnSO<sub>4</sub>); M = Sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>); N = Ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); O = Água de abastecimento; P = Cloreto de ferro + Ácido etilenodiaminotetracético (FeCl<sub>3</sub> + EDTA). S1 = solução mineral; S2 = solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 = solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 = solução mineral + 22% de solução orgânica

As soluções organominerais S2, S3 e S4, apesar de apresentarem níveis crescentes de biofertilizante, foram formuladas teoricamente com uma concentração nutricional dez vezes superior à recomendada por Hoagland & Snyder (1933); para isto, utilizou-se a ferramenta Solver do Microsoft Office Excel; todas as soluções foram preparadas para 100 L.

A Tabela 2 apresenta a quantidade dos ingredientes e dos nutrientes utilizados na formulação de 100 L das soluções nutritivas e seus respectivos custos como resultado da otimização realizada pelo Solver.

**Tabela 2.** Quantidade dos ingredientes e dos nutrientes utilizados na formulação de 100 L das soluções nutritivas e seus custos

Soluções	Quantidade dos ingredientes (kg)																Custo
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R\$ 100 L <sup>-1</sup>
S1	-	-	-	3x10 <sup>-3</sup>	0,05	0,12	5,2x10 <sup>-3</sup>	-	3x10 <sup>-3</sup>	1x10 <sup>-5</sup>	3,1x10 <sup>-5</sup>	2x10 <sup>-4</sup>	0,05	2,8x10 <sup>-4</sup>	99,77	1,5x10 <sup>-3</sup>	0,75
S2	-	10,0	-	-	0,46	1,06	0,025	-	-	-	-	-	0,44	-	88,01	-	4,07
S3	0,13	16,0	-	-	0,44	1,02	0,010	-	-	-	-	-	0,39	-	82,01	-	3,89
S4	0,96	22,0	-	-	0,38	0,98	-	-	-	-	-	-	0,33	-	75,35	-	3,70

Soluções	Quantidade dos nutrientes (kg)										
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca	Mg	S	B	Zn	Fe	Mn	Cu
S1	2,1x10 <sup>-2</sup>	3x10 <sup>-3</sup>	2,3x10 <sup>-2</sup>	2x10 <sup>-2</sup>	5x10 <sup>-3</sup>	6,3x10 <sup>-3</sup>	5x10 <sup>-5</sup>	1,1x10 <sup>-5</sup>	5,02x10 <sup>-4</sup>	1x10 <sup>-4</sup>	2x10 <sup>-6</sup>
S2	0,21	0,031	0,234	0,203	0,048	0,105	-	-	-	-	-
S3	0,21	0,04	0,234	0,2	0,048	0,131	-	-	-	-	-
S4	0,21	0,04	0,234	0,2	0,048	0,158	-	-	-	-	-

A = Melaço; B = Biofertilizante; C = Soro de leite; D = Cloreto de potássio (KCl); E = Nitrato de potássio (KNO<sub>3</sub>); F = Nitrato de cálcio Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; G = Fosfato monoamônio (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>); H = Fosfato de potássio (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>); I = Cloreto de potássio (KCl); J = Sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub>); K = Sulfato de zinco (ZnSO<sub>4</sub>); L = Sulfato de manganês (MnSO<sub>4</sub>); M = Sulfato de magnésio (MgSO<sub>4</sub>); N = Ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>); O = Água de abastecimento; P = Cloreto de ferro + Ácido etilenodiaminotetracético (FeCl<sub>3</sub> + EDTA); S1 = solução mineral; S2 = solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 = solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 = solução mineral + 22% de solução orgânica

A ferramenta Solver do Microsoft Office Excel foi eficaz na formulação das soluções nutritivas corroborando com as informações de Fernandes et al. (2011) que formularam, com o auxílio do Solver, um biofertilizante capaz de atender às necessidades nutricionais da cultura do milho. As soluções apresentaram um custo de 0,75; 4,07; 3,89 e 3,70 R\$ 100 L<sup>-1</sup>, respectivamente, para solução mineral (S1); solução mineral + 10% de solução orgânica (S2); solução mineral + 16% de solução orgânica (S3) e solução mineral + 22% de solução orgânica (S4). As soluções organominerais foram mais onerosas quando comparadas com a mineral devido ao acréscimo dos fertilizantes: nitrato de potássio, nitrato de cálcio, fosfato monoamônio e sulfato de magnésio na sua composição para suplementar os baixos teores em nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio dos ingredientes orgânicos. Apesar das soluções organominerais apresentarem concentração nutricional dez vezes superior à mineral, os volumes das soluções estoque requeridos para se preparar 1000 mL de solução nutritiva, foram: 7,0; 8,0; 8,0 e 6,0 mL da S1, S2, S3 e S4, respectivamente; esses volumes foram necessários para se obter condutividade elétrica aproximada de 1,7 dS m<sup>-1</sup>.

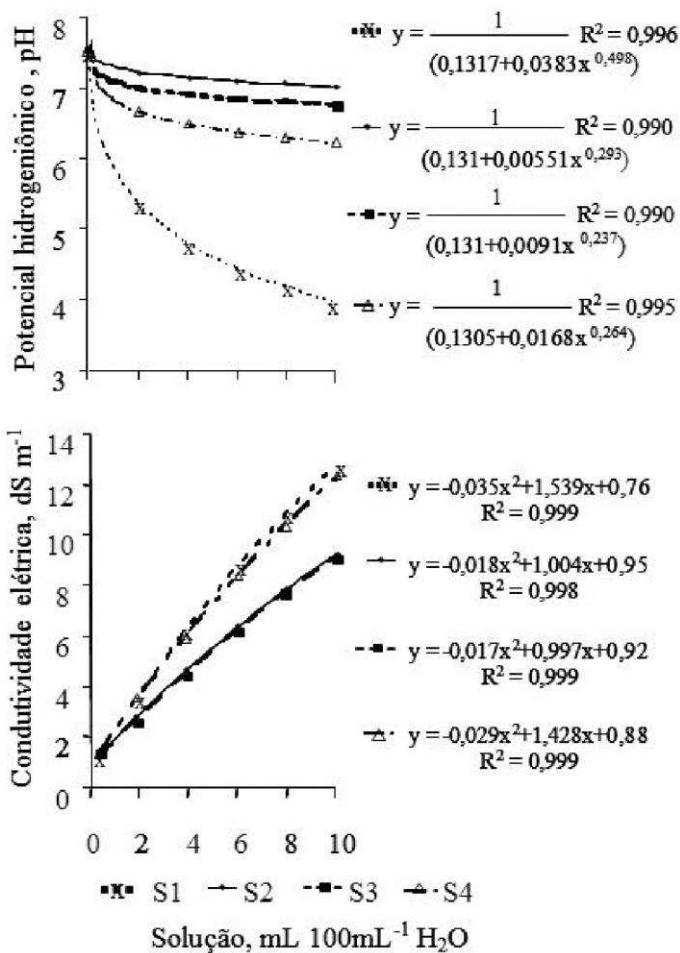


## **Plantio da alface e calibração das soluções nutritivas**

O plantio da alface foi realizado acrescentando-se duas sementes pré-geminadas (em câmara BOD) em espuma de poliuretano com 3 cm de diâmetro e 2 cm de altura previamente enxaguada com água corrente com o objetivo de eliminar prováveis compostos ácidos remanescentes de sua fabricação. Durante os primeiros seis dias as espumas foram umedecidas apenas com água de abastecimento; nos 7º, 13º e 19º dias acrescentaram-se as soluções S1, S2, S3 e S4 de modo que elas apresentassem, respectivamente, 33,33; 66,66 e 100% da concentração nutricional sugerida por Hogland & Snyder (1933); neste último período foram adicionadas, para 1000 mL de solução, as seguintes soluções estoque: 7,0 mL de S1; 8,0 mL de S2; 8,0 mL de S3 e 6,0 mL de S4; ao final de cada reposição se realizavam medições do potencial hidrogeniônico (pH) e da condutividade elétrica (CE) da solução.

O sistema hidropônico utilizado foi o floating sem aeração; para isto, utilizaram-se recipientes plásticos com capacidade de 1 dm<sup>3</sup> previamente revestidos com papel alumínio para evitar a formação e a proliferação de algas com a mesma intenção as tampas dos recipientes foram pintadas com tinta acrílica cromada.

O manejo da solução nutritiva foi realizado diariamente através da reposição da água consumida, do acompanhamento da condutividade elétrica (CE) e do potencial hidrogeniônico (pH) mantendo-o próximo à neutralidade, com a utilização de uma solução de NaOH ou HCL (1mol L<sup>-1</sup>). Objetivando facilitar a manutenção do pH e da CE obtiveram-se curvas de calibração adicionando-se volumes crescentes de 2 mL 100 mL<sup>-1</sup> das soluções estoque. Os resultados foram submetidos à regressão polinomial adotando-se como critério para a escolha do melhor modelo, o coeficiente de determinação. O volume das soluções estoque adicionado ao 19º dia, foi determinado com base nas equações das regressões tomando-se como referência uma CE de 1,75 dS m<sup>-1</sup> ± 0,05 (Figura 1).



**Figura 1.** Curva de calibração do potencial hidrogeniônico e da condutividade elétrica em função das diferentes soluções nutritivas. S1 - Solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de biofertilizante supermagro; S3 - Solução mineral + 16% de biofertilizante supermagro e S4 - Solução mineral + 22% de biofertilizante supermagro

### Parâmetros de crescimento e produção da alface analisados

Após 25 dias da germinação das mudas procedeu-se à determinação das seguintes características de crescimento: altura da planta (ALT), determinada com uma régua graduada medindo-se o comprimento (cm) entre o colo da planta e a parte superior da maior folha; diâmetro caulinar (DIA), determinado com um paquímetro medindo-se a distância entre as margens opostas do disco foliar (cm); número de folhas (NF), determinado pela contagem de folhas verdes maiores que 2,0 cm de comprimento; comprimento da raiz (CR), determinado com a utilização de régua graduada (cm); massa da matéria fresca das folhas (MMF), estimada por pesagem em balança digital de precisão (g) e massa da matéria seca das folhas (MMS) determinada

pelo peso seco obtido em estufa com circulação forçada de ar a 70 °C até atingir peso constante (g).

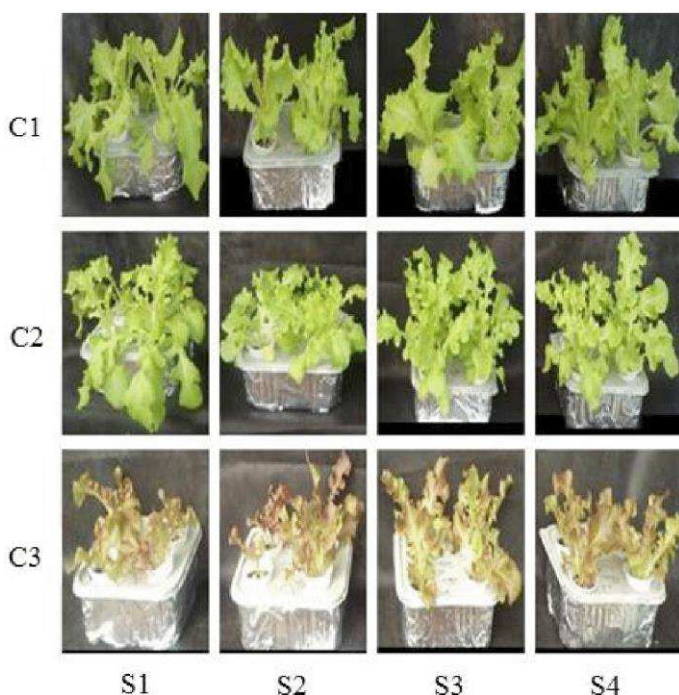
### **Análise estatística**

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade utilizando-se o programa SISVAR 5.0 (Ferreira, 2000). Para efeito de análise estatística os dados das variáveis massa da matéria fresca e massa da matéria seca foram transformados em  $\sqrt{x+0,5}$ .

## **Resultados e Discussão**

### **Monitoramento e calibração das soluções nutritivas**

Na formulação das soluções S2, S3 e S4 não foi necessário acrescentar fertilizantes minerais fornecedores de micronutrientes visto que os ingredientes orgânicos utilizados supriram as exigências da cultura. Analisando a Figura 2 verifica-se, independente da solução nutritiva utilizada, que não foi constatada carência e/ou toxidez visual de nenhum nutriente.

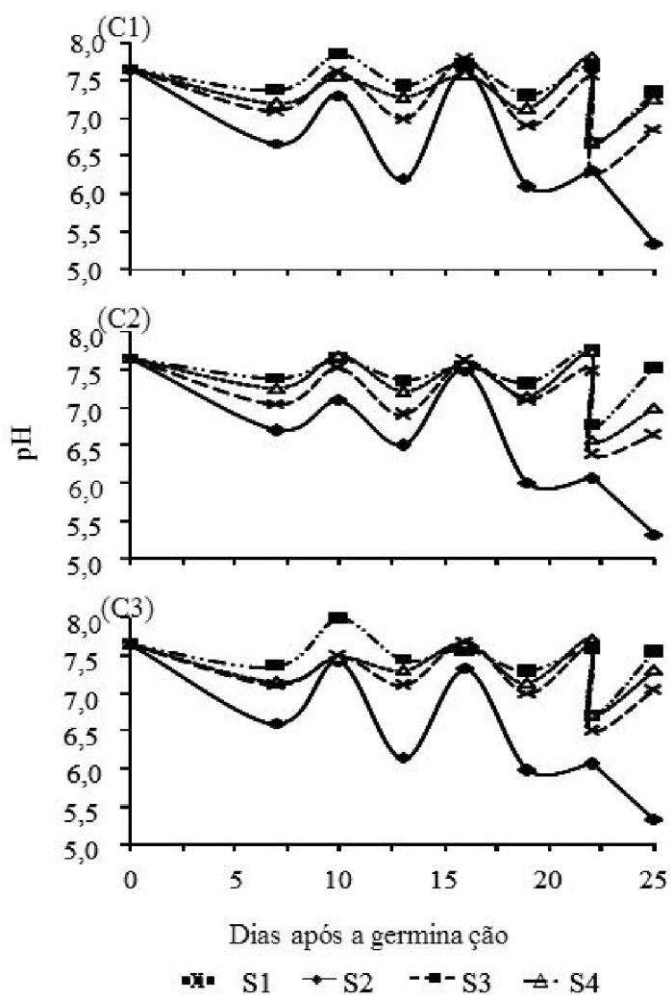


**Figura 2.** Respostas qualitativas de plantas de alface após 31 dias de cultivo. S1 - Solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de biofertilizante supermagro; S3 - Solução mineral + 16% de biofertilizante supermagro e S4 - Solução mineral + 22% de biofertilizante supermagro; C1 - Crespa; C2 - manteiga e C3 - Rubi

Nas soluções S3 e S4 o nutriente fósforo, e nas soluções S2, S3 e S4, o enxofre calculado pela ferramenta Solver; após concentrados (10 vezes), foram disponibilizados em concentrações superiores às recomendadas por Hogland & Snyder (1933) sem, contudo, provocar injúrias à alface. O excesso de fósforo pode causar deficiência de zinco e o enxofre é passível de ocasionar necrose internerval em algumas espécies de plantas (Rios, 2008).

O ferro é absorvido, preferencialmente, na forma bivalente ( $\text{Fe}^{+2}$ ) ao invés da trivalente ( $\text{Fe}^{+3}$ ); seu transporte no xilema se dá como Fe-quelatado e a deficiência deste nutriente é caracterizada pela clorose das folhas e, em casos mais avançados, pode ocorrer amarelecimento total seguido de necrose nos bordos do limbo e, em consequência, desfolha total da planta. As plantas de alface cultivadas com as soluções organominerais não apresentaram deficiência visual de Fe (Figura 2) mesmo sem apresentar cloreto de ferro mais EDTA (quelatante) na sua constituição; este elemento foi fornecido às plantas provavelmente complexado a compostos orgânicos tais como: álcoois, ésteres, diquetonas e aldeídos (Moruzzi & Reali, 2012).

Observa-se, na Figura 3, que no início do experimento o pH da solução apresentava valor 7,66, visto que a mesma era constituída apenas com água de abastecimento proveniente da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA, município de Campina Grande, PB, a qual apresenta dureza moderada (50 a 150 mg  $\text{CaCO}_3 \text{ L}^{-1}$ ). Para se evitar estresse salino, Castellane & Araújo (1994) não recomendam o uso de soluções nutritivas concentradas nos primeiros dias após a germinação.



**Figura 3.** Curva de calibração do potencial hidrogeniônico (pH) em função das diferentes soluções nutritivas (S1 = solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 - Solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 - Solução mineral + 22% de solução orgânica) e cultivares (C1 - Crespa; C2 - Manteiga e C3 - Rubi) durante a condução do experimento

Independente das cultivares verifica-se, aos 7°, 13° e 19° dias após a germinação, redução nos valores do pH em todas as soluções nutritivas, comportamento esperado já que ocorreram, nesses períodos, as reposições com soluções estoque cujo

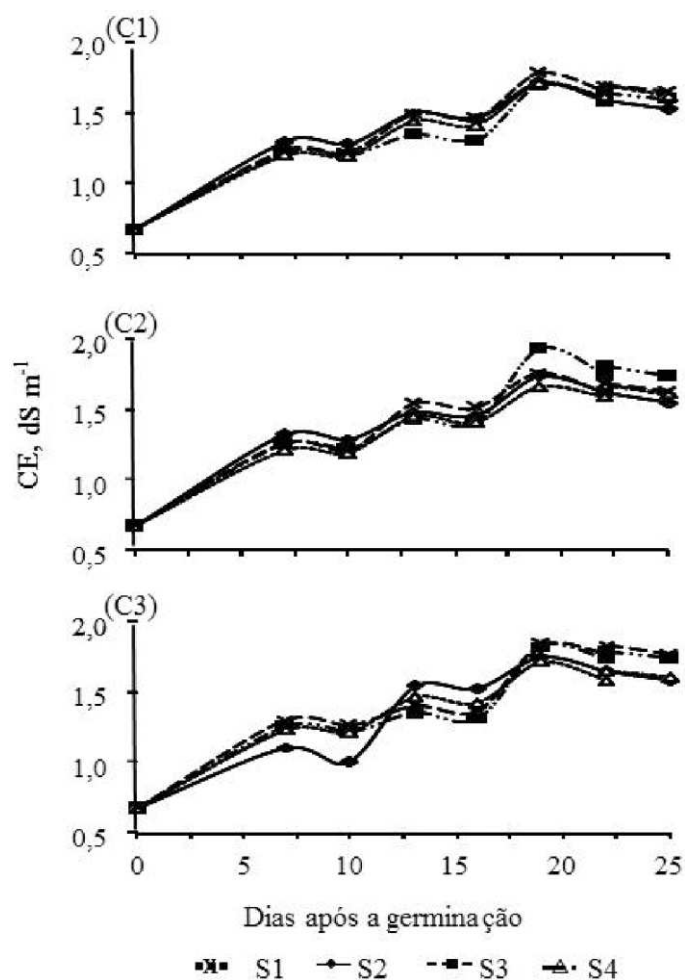
pH era ácido; desta forma, a redução no pH é consequência do aumento nas concentrações dos nutrientes confirmando os resultados obtidos com as curvas de calibração (Figura 1). Nas soluções S2, S3 e S4 a redução no pH foi resultado da aplicação de  $1 \text{ mol L}^{-1}$  de HCl, aos 22 dias. Segundo Gomes et al. (2011), o pH proporciona efeito indireto na solubilidade dos nutrientes; em valores elevados poderá ocorrer formação de precipitados de alguns elementos, tais como: cálcio, fósforo, ferro e manganês, que deixam de estar disponíveis às plantas.

Analisando a Figura 3 percebe-se, ainda em relação à solução mineral S1, um poder tamponante maior das soluções S2, S3 e S4 cuja variação foi, durante a condução do experimento, de 7,7 a 6,6 contra 7,7 a 5,3 da solução mineral. É certo que substâncias húmicas e fúlvicas exercem poder tampão sobre o pH do solo (Dobbss et al., 2008) porém, quanto às soluções nutritivas utilizadas em sistema hidropônico, pouco se sabe. Os resultados obtidos com este trabalho são promissores considerando-se que a manutenção do pH é uma das operações mais trabalhosas quando se conduzem experimentos com soluções nutritivas pois como as mesmas não apresentam capacidade tampão, sua acidez ou alcalinidade necessita ser diariamente ajustada para uma faixa de pH adequada, através da adição de uma solução básica ou ácida, respectivamente (Braccini et al., 1999). Segundo Fonseca et al. (2005), a utilização de agentes tamponantes é importante tanto para a pesquisa quanto para os agricultores, por aperfeiçoar operações de correção do pH das soluções nutritivas.

Aos 10, 16 e 22 dias após a germinação verificou-se, independente da cultivar, uma elevação no valor do pH, o que pode estar associado à forma com que o nitrogênio é disponibilizado à planta haja vista que absorções aniônicas, a exemplo do íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), proporcionam aumento no pH através da liberação de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) ou hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ) pelas raízes e o oposto ocorre se cátions, tais como o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) são absorvidos mais rapidamente do que ânions, ocorrendo liberação de íons hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) (Braccini et al., 1999). Após a última calibração (22 dias), verificaram-se acréscimos no valor do pH com a utilização das soluções S2, S3 e S4, o mesmo não se constatando com a solução mineral S1.

Quanto à condutividade elétrica (CE), a reposição das soluções nutritivas aos 7°, 13° e 19° dias após a germinação proporcionou aumento deste parâmetro independente

da cultivar cujos valores variaram entre  $0,67 \text{ dS m}^{-1}$  a valores próximos de  $1,6 \text{ dS m}^{-1}$  (Figura 4).



**Figura 4.** Curva de calibração da condutividade elétrica (CE) em função das diferentes soluções nutritivas (S1 - Solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 - Solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 - Solução mineral + 22% de solução orgânica) e cultivares (C1 - Crespa; C2 - Manteiga e C3 - Rubi) durante a condução do experimento

O acréscimo da condutividade elétrica seguiu as recomendações de Cometti (2003), ou seja, de que não se utilize, até os 31 dias após a sementeira, uma solução com concentração inferior a 50% da força iônica; caso contrário, poderá haver redução no crescimento inicial da alface.

Durante os períodos compreendidos entre 7-10, 13-16 e 19-25 dias após a germinação, ocorreu diminuição gradual da CE em virtude da absorção de nutrientes. Corroborando com esta observação, Backes et al. (2004) verificaram resultados semelhantes. Os maiores decréscimos no valor da condutividade elétrica só foram

observados após o 19º dia porque, a partir dos 21 dias após transplântio ocorre um acúmulo maior de matéria seca na planta decorrente da maior absorção de nutrientes e, em contrapartida, diminuição da CE da solução nutritiva (Beninni et al., 2005).

De maneira geral, a variação da condutividade elétrica em todos os tratamentos esteve dentro do recomendado por (Resh, 1997) uma vez que aos 19 dias após a germinação os valores oscilaram entre 1,5 e 2,0 dS m<sup>-1</sup>, considerados adequados para o cultivo da alface em sistema hidropônico.

### Crescimento e produção da alface crespa

Os resultados da análise de variância (Tabela 3) indicaram que as variáveis altura da planta (ALT) e diâmetro caulinar (DIA) foram influenciadas significativamente pela interação solução versus cultivar. O crescimento da raiz (CR) diferiu com a utilização das soluções e as variáveis massa da matéria fresca (MMF) e massa da matéria seca (MMS) diferiram estatisticamente entre soluções e cultivares.

**Tabela 3.** Análise de variância para altura da planta (ALT), diâmetro caulinar (DIA), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), peso da matéria fresca (MMF) e peso da matéria seca (MMS)

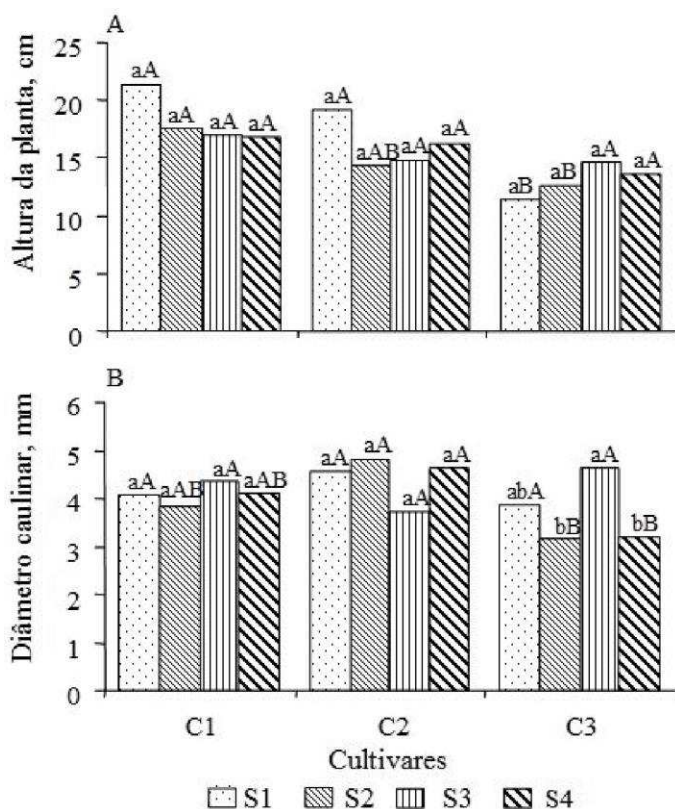
Fator de variância	GL	Quadrado médio					
		ALT	DIA	NF	CR	MMF <sup>(1)</sup>	MMS <sup>(1)</sup>
Solução (S)	3	9,64 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	86,23 <sup>**</sup>	0,27 <sup>*</sup>	0,004 <sup>*</sup>
Cultivar (C)	2	79,51 <sup>**</sup>	1,54 <sup>*</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>*</sup>	0,012 <sup>**</sup>
C x S	6	11,68 <sup>*</sup>	1,02 <sup>*</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	7,45 <sup>ns</sup>	0,027 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>
Resíduo	25	4,43	0,39	0,88	4,21	0,07	0,0011
CV (%)		13,30	15,39	16,16	16,62	12,89	3,24

<sup>(1)</sup>Dados transformados  $\sqrt{x+1}$

Independente das cultivares, a altura de planta não diferiu estatisticamente entre as diferentes soluções mas se percebe, avaliando a influência das soluções sobre as cultivares, que a Crespa (C1) e a Manteiga (C2) submetidas a solução mineral, apresentaram crescimento superior quando comparadas com a Rubi (C3). Com a utilização da solução S2 as cultivares Manteiga e Crespa apresentaram as maiores



médias; contudo, esta última também não diferiu da Rubi (C3). A altura das cultivares foi a mesma, apenas com a utilização das soluções S3 e S4 (Figura 5A).

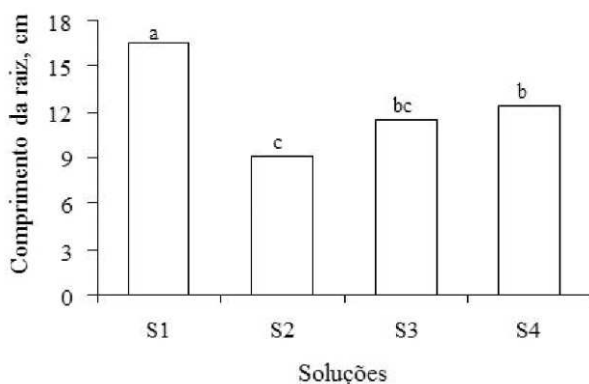


**Figura 5.** Altura da planta (A) e diâmetro caulinar (B) em função do desdobramento entre soluções nutritivas (S1 = solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 - Solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 - Solução mineral + 22% de solução orgânica) e cultivares (C1 - Crespa; C2 - Manteiga e C3 - Rubi). Letras minúsculas iguais indicam que as soluções não diferem estatisticamente entre si dentro da mesma cultivar; letras maiúsculas iguais indicam que cultivares não diferem entre si, dentro da mesma solução

Quanto ao diâmetro caulinar, observa-se apenas, com a utilização da cultivar Rubi (C3), diferença significativa entre soluções cujas maiores médias foram obtidas utilizando-se S1 e S3 e as menores médias com o uso da S2 e S4, porém sem diferirem estatisticamente da S1. Ainda comparando esta cultivar com as demais, conclui-se que os melhores resultados foram obtidos, mais uma vez, com o uso das soluções S1 e S3 (Figura 5B). As menores médias verificadas com a cultivar Rubi estão em consonância com os resultados obtidos por Nodari et al. (2011) que, trabalhando com diversas

cultivares (Lavinia, Melissa, Rubi, Green Salad Bowl e Mimosa) constataram que as menores produtividades foram obtidas com a cultivar Rubi.

Em ordem decrescente, os maiores comprimentos de raízes foram verificados com a utilização das soluções:  $S1 > S4 \geq S3 \geq S2$  (Figura 6). Em média, os 16,5 cm de comprimento radicular obtido com a utilização da solução mineral (S1) se assemelham com os 18,09 cm verificados por Maluf et al. (2011) aos 30 dias após o plantio e cultivadas em sistema floating. De acordo com Filgueira (2005), o enraizamento e o reinício do desenvolvimento da planta após o estresse do transplante são favorecidos quando as mudas possuem raízes maiores e tecidos ricos em matéria seca.



**Figura 6.** Comprimento da raiz em função das diferentes soluções nutritivas. S1 - Solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 - Solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 - Solução mineral + 22% de solução orgânica

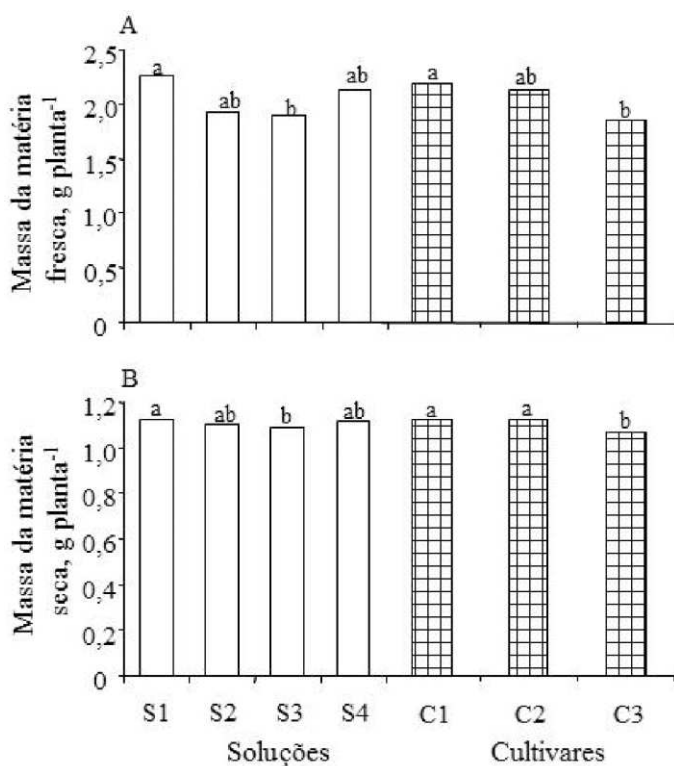
A menor média obtida com a utilização das soluções organominerais, em especial a 90% de solução mineral + 10% de solução orgânica (S2), está associada à falta de oxigênio nas soluções nutritivas, o que promoveu o escurecimento das raízes. A fase crítica foi observada após a segunda reposição, no 13º dia, ocasião em que as soluções exalaram odor desagradável; durante este período também foram registrados os maiores valores de temperatura no interior da casa de vegetação (>30 °C). Chérif et al. (1997) e Sutton et al. (2006) confirmam a influência do oxigênio (hipoxia) e de temperaturas elevadas sobre o escurecimento das raízes.

Após a terceira reposição (19º dia) e independente da cultivar utilizada, observaram-se emissões de novas radículas em todas as soluções organominerais e, em contrapartida, aumento na absorção de nutrientes. Em média, ao final dos últimos seis dias de avaliação o volume de água evapotranspirado foi de 266,6 (S1), 291,6 (S2), 269,0 (S3) e 416,6 mL (S4) para a cultivar Crespa; 333,3 (S1), 216,6 (S2), 335,0 (S3) e

400 mL (S4) para a cultivar Manteiga e 233,3 (S1), 283,3 (S2), 300 (S3) e 206 mL (S4) para a cultivar Rubi.

O resultado das variáveis altura de planta e diâmetro caulinar, anteriormente discutido, evidencia que a influência negativa sobre o comprimento das raízes foi devida à falta de oxigenação e não de carência ou toxidez nutricional das soluções organominerais.

Em termos de produção a massa da matéria fresca é a variável mais importante pois apresenta relação com a altura da planta e com o aspecto comercial. A substituição de 16% da solução mineral pela orgânica promoveu a menor produção de matéria fresca; apesar disto, sem diferir estatisticamente das soluções S2 e S4 (Figura 7A). Quanto às cultivares, a produção de massa fresca reforça o que já foi discutido, ou seja, que a cultivar Rubi apresenta menor crescimento em relação à Crespa (C1) e à Manteiga (C2).



**Figura 7.** Massa da matéria fresca (A) e seca (B) das folhas em função das diferentes soluções nutritivas (S1 - Solução mineral; S2 - Solução mineral + 10% de solução orgânica; S3 - Solução mineral + 16% de solução orgânica e S4 - Solução mineral + 22% de solução orgânica) e cultivares (C1 - Crespa; C2 - Manteiga e C3 - Rubi) aos 25 dias após a germinação. Dados transformados  $\sqrt{x+1}$ , Letras minúsculas iguais indicam que as soluções não diferem estatisticamente entre si dentro da mesma cultivar; letras maiúsculas iguais indicam que cultivares não diferem entre si dentro da mesma solução

Mesmo constatando o escurecimento das raízes, principalmente com a solução S2, as médias obtidas para massa fresca das folhas evidenciam que as soluções organominerais S2, S3 e S4 se encontram nutricionalmente balanceadas. Tais resultados corroboram com os encontrados por Ribeiro et al. (2007) que não verificaram diferença significativa para massa fresca de folhas quando utilizaram solução mineral e solução mineral acrescidas com até 60% de biofertilizante. Embora o baixo teor de nutrientes na solução do biofertilizante tenha ocasionado redução no desenvolvimento da alface, Costa et al. (2006), encontraram interações positivas com o uso de biofertilizantes na produção de duas cultivares de alface sobre a fitomassa fresca da parte aérea e o número de folhas da cultivar Babá de verão.

De acordo com Cometti et al. (2008), resultados relacionados à massa fresca das folhas são importantes 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.

A massa da matéria seca (Figura 7B) apresentou resultado semelhante ao da massa da matéria fresca contradizendo as informações de Dias et al. (2009), que verificaram redução significativa da massa seca da parte aérea com a substituição de 25% de solução mineral por biofertilizante.

### **Conclusões**

1. É possível substituir parcialmente a solução mineral por soluções organominerais desde que a solução final se encontre nutricionalmente adequada.
2. As soluções organominerais promoveram maior resistência à variação do pH durante a condução do experimento porém houve, após cada reposição, a necessidade de correção do pH para valores próximos de 7,0, antes de serem utilizadas no sistema hidropônico.
3. o crescimento em altura das cultivares Crespa e Manteiga foi maior com a utilização das soluções mineral e mineral + 10% de solução orgânica. O maior comprimento da raiz foi observado com a utilização da solução mineral e as menores médias de matéria fresca e seca foram obtidas pela cultivar Rubi com o uso da solução mineral + 16% de solução orgânica.

## Referências Bibliográficas

- Backes, F. A. A. L.; Santos, O. S.; Pilau, F. G.; Bonnacarrère, R. A. G.; Medeiros, S. L. P.; Fagan, E. B. Reposição de nutrientes em solução nutritiva para o cultivo hidropônico de alface. **Ciência Rural**, v.34, p.1407-1414, 2004.
- Beninni, E. R. Y.; Takahashi, H. W.; Neves, C. S. V. J. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, p.273-282, 2005.
- Braccini, M. C. L.; Braccini, A. L. E.; Martinez, H. E. P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Ciências Agrárias**, v.20, p.48-57, 1999.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Divisão de agrologia – SUDENE. 1971. **Levantamento exploratório**. Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Rio de Janeiro: 1971. p. 670. (Boletim Técnico, 15).
- Castellane, P. D.; Araújo, J. C. **Cultivo sem solo - Hidroponia**. SOB Informa, v.13, p.28-29, 1994.
- Chérif, M.; Tirilly, Y.; Bélanger, R. R. Effect of oxygen concentration on plant growth, lipid peroxidation, and receptivity of tomato roots to *Pythium* F under hydroponic conditions. **European Journal of Plant Pathology**, v.103, p.255-264, 1997.
- Cometti, N. N. **Nutrição mineral da alface (*Lactuca sativa* L.) em cultura hidropônica - Sistema NFT**. Seropédica: UFRRJ, 2003. 106p. Tese Doutorado.
- 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**, v.26, p.252-257, 2008.

- Costa, N. E.; Ribeiro, M. C. C.; Lima, J. S. S.; Cardoso, A. A.; Oliveira, G. L. Utilização de biofertilizante na alface para o sistema hidropônico floating. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.1, p.41-47, 2006.
- Dias, N. S.; Brito, A. A. F.; Sousa Neto, O. N.; Lira, R. B.; Brito, R. F. Produção de alface hidropônica utilizando biofertilizante como solução nutritiva. **Revista Caatinga**, v.22, p.158-162, 2009.
- Dobbss, L. B.; Canellas, L. P.; Alleoni, L. R. F.; Rezende, C. E.; Fontes, M. P. F.; Velloso, A. C. X. Eletroquímica de latossolos brasileiros após a remoção da matéria orgânica humificada solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.985-996, 2008.
- Factor, T. L.; Araujo, J. A. C.; Vilella Junior, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.143-149, 2008.
- Fernandes J. D.; Monteiro Filho A. F.; Chaves L. H. G.; Gonçalves C.; P. Cruz M. P. Formulação de biofertilizante utilizando a ferramenta Solver do Microsoft Office. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, p.101-105, 2011.
- Ferreira, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45. São Carlos, 2000. **Anais...** São Carlos, UFSCar, 2000. p.255-258. CD- Rom
- Filgueira, F. A. R. **Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2.ed. Viçosa: UFV. 2005. 412p.
- Fonseca, M. C. M.; Raslan, K. R.; Martinez, H. E. P.; Pereira, P. R. G.; Barbosa, J. G. Tamponamento do pH da solução nutritiva na hidroponia de plantas ornamentais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.11, p.100-108, 2005.

- Gomes, L. S.; Martins, C. A. S.; Nogueira, N. O.; Lopes, F. S.; Xavier, T. M. T.; Cardoso, L. C. M. Efeito de diferentes valores de pH da solução nutritiva no desenvolvimento de variedades de melão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, p.73-78, 2011.
- Hoagland, D. R.; Snyder, W. C. Nutrition of strawberry plants under controlled conditions: (A) Effects of deficiencies of boron and certain other elements: (B) Susceptibility to injury from sodium salts. **Proceedings of the American Society of Horticultural Science**, v.30, p.288-294, 1933.
- Maluf, G. E. G. M.; Paula, A. C. C. F. F.; Leite, P. C.; Alvarenga, A. A.; Maluf, H. J. G. M. Efeito da iluminação noturna complementar a 18 cm de altura no crescimento de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.). In: Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG, 6, 2011, Jornada Científica, 4, 2011, Bambuí. **Anais...Bambuí: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia**, 2011. CD-Rom.
- Martello, L. S.; Marcatti, B.; Moretti, T. S.; Petrus, R. R.; Almeida, E.; Ferraz, J. B. S. Efeito dos sistemas de cultivo orgânico, hidropônico e convencional na qualidade de alface lisa. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.10, p.111-115, 2007.
- Moruzzi, R. B.; Reali, M. A. P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial - Uma abordagem geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.4, p.29-43, 2012.
- Nodari, I. D. E.; Junior, S. S.; Diamante, M. S.; Dias, L. D. E.; Neves, J. F. Desempenho de cultivares de alface tipo mimosa sob altas temperaturas em Cáceres MT. In: Congresso de Iniciação Científica, 4, 2011, Cáceres. **Anais... Cáceres: Universidade do Estado de Mato Grosso**, 2011. CD-Rom
- Pereira, L. G. R.; Araújo, G. G. L.; Voltolini, T. V.; Barreiros, D. C. Manejo nutricional de ovinos e caprinos em regiões semiáridas. In: Seminário Nordestino de Pecuária, 11, 2007, Fortaleza. Repensando o agronegócio da pecuária: Novos caminhos. **Anais...Fortaleza: FAEC; CNA; SENAR; SEBRAE-CE**, 2007. CD- Rom

- Resh, H. **Hydroponic food productions. 5.ed. Califórnia:** Woodbridge Press Publishing Company, 1997. 527p.
- Ribeiro, K. S.; Ferreira, E.; Costa, M. S. S. M.; Gazola, D.; Szimanski, C. Uso de biofertilizante no cultivo de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, p.160- 164, 2007.
- Rios, E. C. S. V. **Uso de águas amarelas como fonte alternativa de nutriente em cultivo hidropônico da alface (*Lactuca sativa*).** Vitória: UFES, 2008. 85p. Dissertação Mestrado.
- 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.
- Silva, V. de P. R. da; Pereira, E. R. R.; Azevedo, P. V. de; Sousa, F. de A. S.; Sousa, I. F. Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p.131-138, 2011.
- Sutton, J. C.; Sopher, C. R.; Owen-Going, T. N.; Liu, W.; Grodzinski, B.; Hall, J. C.; Benchimol, R. L. Etiology and epidemiology of Pythium root rot in hydroponic crops: Current knowledge and perspectives. **Summa Phytopathology**, v.32, p.307-321, 2006.



## **CAPÍTULO 3**

### **MONITORAMENTO, CALIBRAÇÃO E CONSUMO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS OTIMIZADAS NO CULTIVO HIDROPÔNICO DA ALFACE CRESPA**

## **Monitoramento, calibração e consumo de soluções nutritivas otimizadas no cultivo hidropônico da alface crespa**

RESUMO: O monitoramento e a calibração de soluções nutritivas são fundamentais para o desenvolvimento da alface hidropônica. Objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar o monitoramento e a calibração de soluções nutritivas em sistema hidropônico do tipo NFT com a alface crespa. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com três repetições, apresentando, como tratamentos, quatro soluções minerais propostas por Furlani, Bernardes, Ueda e Castelane & Araujon e quatro soluções organominerais com composição química similar às citadas anteriormente. Durante 24 dias, as soluções foram monitoradas quanto às variações de temperatura, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e consumo de solução nutritiva pela cultura. As calibrações foram realizadas com o auxílio da ferramenta SOLVER, tomando-se como referência uma CE de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  e um volume de solução de 17 L. A temperatura das soluções apresentou variações aceitáveis para o cultivo da alface, as soluções organominerais promoveram maior resistência à variação do pH, os maiores consumos de solução nutritiva ocorreram com o uso das soluções minerais e o SOLVER mostrou-se eficiente e de fácil uso na calibração das soluções nutritivas.

**Palavras chave:** *Lactuca sativa*, L., hidroponia, SOLVER

## **Monitoring, calibration, and consumption of nutrient solutions optimized in the hydroponic cultivation of leafy lettuce**

ABSTRACT: Maintenance and calibration of nutrient solutions are fundamental to the development of hydroponic lettuce. The objective of this work was to evaluate the monitoring and calibration of nutrient solution in the NFT hydroponic system of leaf lettuce. The experiment was conducted a randomized block design with three replications, with as treatments four mineral solutions proposed by Furlani, Bernardes, Ueda and Castelane & Araujo and four organomineral solutions with composition of nutrients similar to those described above. During 24 days the solutions were monitored for changes in temperature, potential of hydrogen (pH), electrical conductivity (EC), and consumption by the lettuce. The calibrations were performed with the tool

SOLVER taking as reference an EC of  $1.5 \text{ dS m}^{-1}$  and a volume of 17 L of solution. The temperature of the solutions had accepted ranges for the cultivation of lettuce, the organomineral solutions promoted greater resistance to change in pH, the higher water consumption were observed with the use of mineral solutions and the SOLVER was efficient and easy to use in calibration of the nutrient solutions.

**Key words:** *Lactuca sativa*, L., hydroponic, SOLVER

## Introdução

Hidroponia é uma tecnologia na qual diferentes hortaliças são cultivadas em solução nutritiva, com ou sem a presença de um meio artificial (areia lavada, cascalho, vermiculita, fibra de coco, casca de arroz carbonizado, serragem, entre outros) que servirá de suporte mecânico para o desenvolvimento das raízes (Furtado, 2008). Segundo Factor (2007), o sistema hidropônico pode ser classificado em aberto (após aplicação, a solução nutritiva não é reutilizada) ou fechado (a solução nutritiva é recuperada, reabastecida e reciclada). Em relação ao cultivo convencional, o hidropônico viabiliza ao produtor o controle da concentração nutricional fornecida diariamente às plantas e maior rendimento (Martinez et al., 1997).

Em termos de hidroponia, a alface é cultivada sobretudo na técnica do NFT (Fluxo laminar de nutrientes). Isso se deve à sua fácil adaptação ao sistema no qual tem revelado alto rendimento e reduções de ciclo em relação ao cultivo no solo (Lopes et al., 2003). O sistema NFT é composto, basicamente, de um tanque de solução nutritiva, de um sistema de bombeamento, dos canais de cultivo e de um sistema de retorno ao tanque. A solução nutritiva é bombeada aos canais e escoada por gravidade formando uma fina lâmina de solução, que irriga as raízes (Santos & Minami, 2002).

A solução utilizada em sistemas hidropônicos deve apresentar todos os nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta podendo haver variações na composição química e na concentração, dependendo da cultura a ser implantada. Para a alface, existem diferentes propostas de solução, a exemplo de Furlani (1995), Bernardes (1997), Castelane & Araújo (1994) e Ueda (1990). Quanto ao uso de solução orgânica, alguns trabalhos já foram realizados, a exemplo de Dias et al. (2009) e Ribeiro et al. (2007), tendo o biofertilizante como solução nutritiva.

O fornecimento de nutrientes em níveis apropriados, diminui as perdas na produção e aumenta a qualidade da alface hidropônica; logo, é fundamental o controle apropriado da solução nutritiva. Os principais fatores a serem controlados são o potencial hidrogeniônico (pH), a condutividade elétrica (CE) e a temperatura. De modo geral, produtores em diversas regiões do Brasil utilizam valores de pH próximo de 6,0, temperatura de 27 °C e CE, variando de 0,75 a 2,6 dS m<sup>-1</sup> (Genúncio et al., 2012; Gondim et al., 2010 e Barbieri et al., 2010). No sistema hidropônico os produtores são confrontados com o desafio de manter o equilíbrio ideal desses parâmetros; assim, o cultivo, como a calibração das soluções, deve ser conduzido com cautela.

Outro parâmetro a ser considerado em sistemas hidropônicos é o consumo de solução nutritiva. Em hortaliças folhosas sabe-se que diminuições no consumo são verificadas com o incremento da salinidade das soluções provocando redução do potencial osmótico da planta, menor absorção de nutriente, evapotranspiração, desenvolvimento e produção da cultura (Soares et al., 2010, Silva et al., 2012). Sendo assim, manutenções e calibrações periódicas das soluções quanto à concentração são necessárias.

Segundo Braccini et al. (1999), a manutenção e a renovação das soluções nutritivas podem ser realizadas com base na depleção máxima de nutriente, condutividade elétrica e curvas de absorção de nutrientes, adição constante de solução nutritiva e fluxo de íons, entre outras. O método da condutividade elétrica é bastante utilizado pelos agricultores devido à sua praticidade e custo. Contudo, a sua calibração para valores desejados, torna-se difícil, uma vez que o acréscimo de nutrientes influencia diretamente na concentração da solução. A utilização de curvas de calibração de CE e da ferramenta SOLVER, da Microsoft Office Excel, poderá ser uma alternativa para solucionar tal problema. Por ser uma ferramenta de tomada de decisão e otimização de processos (Monteiro Filho et al., 2014), o SOLVER calcula o volume de solução que será retirado do reservatório, o volume da solução estoque que será acrescentada e, quando necessário, o volume de água a ser repostado no reservatório para atingir o valor de CE adequado à cultura.

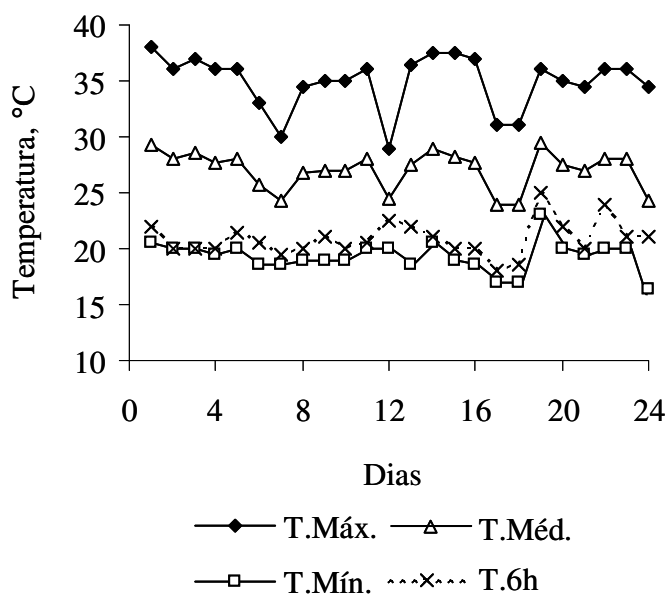
Objetivou-se, com a realização deste trabalho, monitorar as variações de temperatura, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico e consumo de solução nutritiva e verificar a eficácia da ferramenta SOLVER da Microsoft Office Excel na calibração de diferentes soluções nutritivas minerais e organominerais, no cultivo da alface crespa em sistema hidropônico do tipo NFT.

## Material e Métodos

### Condução do experimento

O experimento foi conduzido em sistema hidropônico, adotando-se a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT), em ambiente protegido (casa de vegetação), no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), situado na cidade de Lagoa Seca-PB, com as seguintes coordenadas geográficas: 7° 10' 15" S, 35° 51' 14" W. Segundo a classificação climática de Köppen-Geige (Brasil, 1971) o clima do município é caracterizado como tropical úmido (As'), com temperatura média anual em torno de 22°C sendo a mínima de 18°C e a máxima de 33°C.

Os dados climáticos registrados durante a condução do experimento são apresentados na Figura 1.



**Figura 1.** Dados de temperatura máxima (T.Máx.), temperatura mínima (T.Mín.), temperatura média (T. Méd.) e temperatura registrada às 6:00h (T.6h) durante a condução do experimento

Os tratamentos foram constituídos por oito soluções nutritivas, sendo quatro minerais com composição química proposta por Bernardes (1997), Castelane & Araújo (1994), Furlani (1995) e Ueda (1990), as quais foram denominadas BM, CM, FM, UM respectivamente, e quatro soluções com composição química similar às anteriormente citadas, sendo estas modificadas, por esta pesquisa, com a utilização de biofertilizante em sua composição, produzindo-se quatro soluções nutritivas organominerais, estas

foram denominadas soluções nutritivas de Bernardes modificada (BO), Castelane & Araujo modificada (CO), Furlani modificada (FO) e Ueda modificada (UO). O experimento foi realizado em blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela apresentava duas calhas espaçadas entre si em 0,30 m, cada calha continha 10 plantas de alface crespa, espaçadas em 0,30 m (Apêndice 1).

As mudas de alface foram produzidas em espuma fenólica semeando-se uma semente peletizada por cavidade; após a emergência da plântula (EP), a água de reservatório utilizada na irrigação foi substituída gradativamente pelas soluções nutritivas (33,33%, 66,66% e 100% a cada quatro dias); após 16 dias da EP, as mudas foram transplantadas para os perfis definitivos.

### **Preparo das soluções nutritivas**

As soluções minerais foram preparadas conforme metodologia proposta por Ueda (1990), Castelane & Araújo (1994), Furlani (1995) e Bernardes (1997). A formulação das soluções organominerais foi realizada utilizando-se a ferramenta SOLVER; para tanto, montou-se uma planilha eletrônica no Microsoft Office Excel contendo a composição química de ingredientes orgânicos (esterco bovino, leite bovino, e sangue de aves proveniente do abatedouro de aves existente no complexo agroindustrial do CCAA/UEPB e melão adquirido no comércio de Campina Grande, Paraíba), inorgânicos (nitrato de cálcio, nitrato de potássio, fosfato de potássio, fosfato monoamônico, cloreto de potássio, sulfato de magnésio e na forma de sulfato, os micronutrientes cobre, zinco, manganês e ferro) e a composição química da solução nutritiva a ser formulada em função dos tratamentos.

Uma vez formuladas, as soluções modificadas passaram pelo processo de maturação aeróbica por 30 dias, sua aeração foi realizada com o auxílio de um compressor de ar, em intervalos de 15 minutos, o que garantiu uma concentração de oxigênio dissolvido próximo a  $2,0 \text{ mg L}^{-1}$  e, conseqüentemente, a ação dos microrganismos aeróbicos. Durante a condução do experimento as soluções que alimentavam os perfis de cultivo hidropônico foram calibradas realizando-se leituras diárias de condutividade elétrica (CE) e pH utilizando-se um condutivímetro portátil, além de um peagâmetro. A CE foi mantida a  $1,5 \text{ dS cm}^{-1}$  e o pH entre 6,0 e 7,0. Independente dos tratamentos, as soluções nutritivas foram trocadas em períodos equidistantes de 7 dias.

A solução que alimentava as calhas de cultivo foi acondicionada em baldes plásticos com capacidade para 20 L; entretanto, para se evitar o desperdício de solução por transbordamento do balde, utilizou-se o volume de 17 L. Com o intuito de se manter a solução nutritiva dentro dos limites de temperatura recomendados para o cultivo hidropônico, os baldes contendo a solução foram revestidos com folhas de Etileno Acetato de Vinila. (E.V.A) com espessura de 5mm.

### **Estrutura matemática**

A estrutura do modelo matemático utilizado neste trabalho é a programação linear, implementada no Excel, usando-se o SOLVER Excel. O estudo da programação linear permite distribuição eficiente de recursos limitados existentes em diversas atividades competitivas, cujo objetivo é obter uma maximização e/ou a minimização de uma variável dependente, que é função linear de diversas variáveis independentes, chamada função objetivo, sujeita a uma série de equações (ou inequações) lineares, chamadas restrições. Segundo Corrar & Garcia (2001), o modelo de minimização pode ser representado através da Equação 1:

$$\text{Min. } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n \dots \text{Eq. 1}$$

Sujeito a uma série de restrições:

$$A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + \dots + A_{1n}X_n \leq \text{ou } = \text{ou } \geq b_1 \text{ (Restrição 1)}$$

$$A_{21}X_1 + A_{22}X_2 + \dots + A_{2n}X_n \leq \text{ou } = \text{ou } \geq b_2 \text{ (Restrição 2)}$$

$$A_{m1}X_1 + A_{m2}X_2 + \dots + A_{mn}X_n \leq \text{ou } = \text{ou } \geq b_m \text{ (Restrição n)}$$

Onde  $x_i \geq 0$  e  $b_i \geq 0$ , para  $i=1,2,\dots,n$  e  $j=1,2,\dots,m$

Z: função a ser minimizada, respeitando o conjunto de restrições;

$x_i$ : variáveis decisórias que representam as quantidades ou recursos que se quer determinar para otimizar o resultado global;

$c_i$ : custo de cada variável;

$b_j$ : limite que se deseja atingir;

$a_{ij}$ : quantidade de recursos que cada variável decisória disponibiliza.

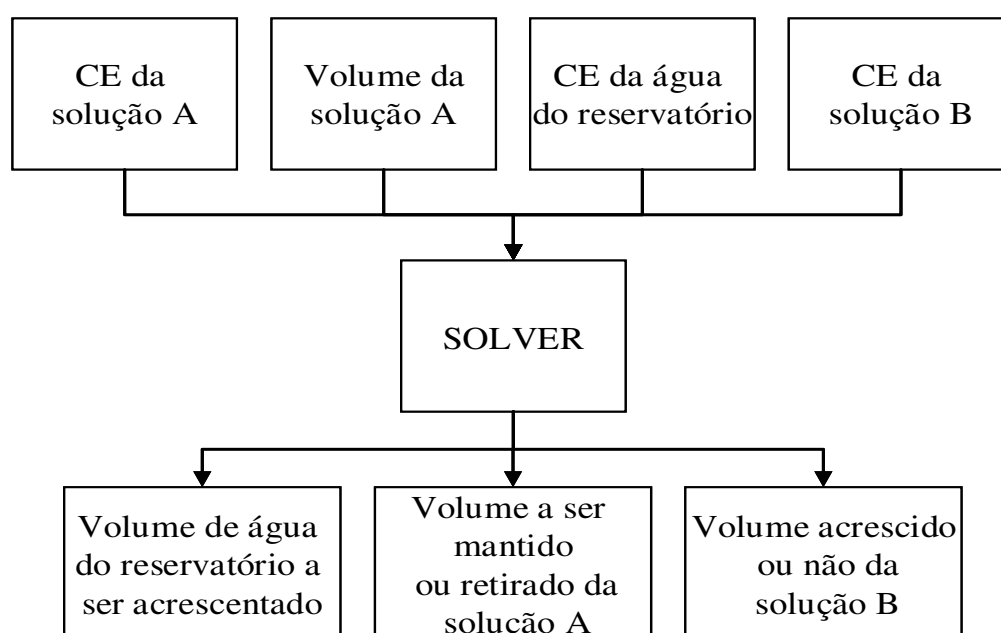
### **Função objetivo**

Neste trabalho a função objetivo foi a otimização do processo de calibração e manutenção da condutividade elétrica e do volume diário das diferentes soluções nutritivas.

## Monitoramento e calibração das soluções nutritivas

O monitoramento ocorreu diariamente, no intervalo de 24 h, realizando leituras da condutividade elétrica (CE), do potencial hidrogeniônico (pH), da temperatura (as 14:00 h) e do volume das soluções que alimentavam o sistema. Para isto, utilizou-se um medidor portátil de pH/CE/TDS/Temperatura, modelo HI 9811-5. O volume da solução que alimentava o sistema foi estimado subtraindo-se o volume de solução inicial (17 L) pelo volume registrado após 24 h.

A manutenção das soluções foi realizada considerando-se a variação na sua concentração nutricional, através da estimativa da condutividade elétrica. Para tanto, utilizou-se a ferramenta SOLVER, sendo que o modelo matemático usado foi o mesmo descrito anteriormente no preparo das soluções. A planilha eletrônica foi elaborada fornecendo os dados referentes às condutividades elétricas (CE) das soluções nutritivas que alimentavam o sistema (A), da água do reservatório utilizada no preparo das soluções (A) e da solução estoque concentrada (B), assim como o volume da solução nutritiva (A). Essas informações eram coletadas diariamente; neste caso o valor objetivo da otimização foi a minimização tendo-se, como requisitos, soluções com CE de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  e um volume de solução de 17 L; para isto, utilizaram-se restrições de igualdade e de maneira simplificada o processo de calibração das soluções ocorreu conforme fluxograma apresentado na Figura 2.



**Figura 2.** Fluxograma do processo de calibração das soluções nutritivas através da ferramenta SOLVER. Solução do reservatório que alimentava o sistema (A) e solução estoque (B).



Após a calibração, o pH das soluções era ajustado mantendo-o próximo à neutralidade, com a utilização de uma solução de NaOH ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1mol L<sup>-1</sup>). O gráfico da variação do pH foi feito considerando-se a média da concentração molar dos íons de H<sup>+</sup> utilizando-se a expressão  $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$

### **Estimativa de consumo de solução nutritiva pelas plantas de alface**

A quantificação do volume evapotranspirado pelas plantas ( $V_{ETc}$ ), em função das soluções nutritivas, foi efetuada diariamente completando o volume do reservatório até o nível de 17 litros, e se utilizando uma proveta graduada em mililitros, conforme a Equação 2. A  $V_{ETc}$  foi considerada como variável quantitativa para estabelecer uma análise de regressão polinomial.

$$V_{ETc} = \frac{\sum Vi}{n\Delta T} \dots\dots\dots \text{Eq. 2}$$

$V_{ETc}$  – volume evapotranspirado, em L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>;

$V_i$  – volume de solução consumida do intervalo de tempo de 24h;

$\Delta T$  – intervalo de tempo entre as leituras, dias;

$n$  – número de plantas no perfil no intervalo de tempo,  $\Delta T$ .

### **Análise estatística**

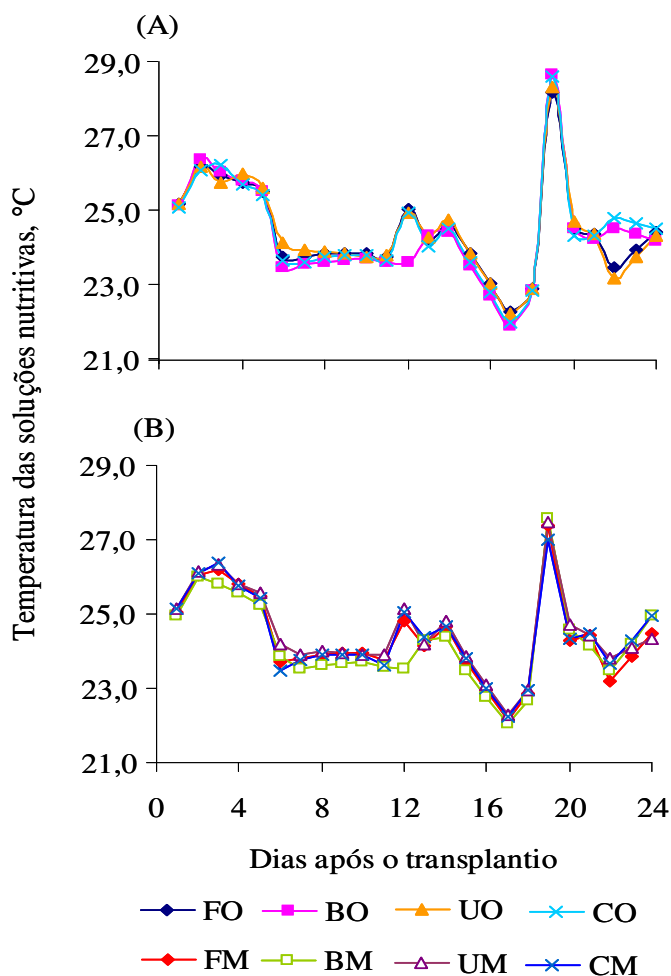
Para os dados de potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e temperatura, foram construídos gráficos de dispersão e, para o consumo hídrico, procedeu-se à análise de variância (ANOVA), pelo teste F. Quando verificado efeito significativo, realizou-se regressão polinomial, em função dos tratamentos; para tal utilizou-se o software estatístico SISVAR 5.1 (Ferreira, 2000).

## **Resultados e Discussão**

### **Temperatura das soluções nutritivas**

Os valores da temperatura registrados diariamente em todas as soluções nutritivas (modificadas e minerais) se assemelham, apresentando mínima de 21,5 °C aos

17 dias e máxima de 28,7 °C aos 19 dias (Figura 3). A variação de apenas 7,2 °C ocorrida durante a condução do experimento, é atribuída, provavelmente, ao isolamento térmico dos reservatórios com o EVA. Vale a pena ressaltar que as leituras de temperatura das soluções nutritivas eram realizadas às 14:00 h e que, no interior do ambiente protegido (casa de vegetação), os valores de mínima e máxima registrados foram de 16 °C e 38 °C, respectivamente (Figura 1).



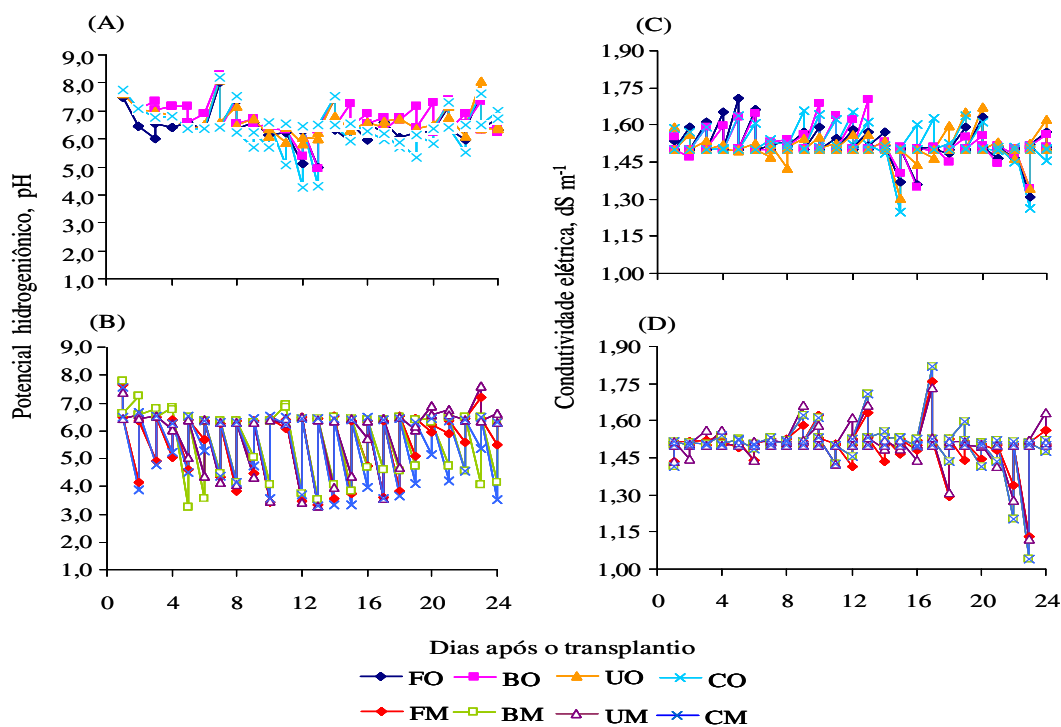
**Figura 3.** Variação na temperatura das soluções nutritivas modificadas (A) de Furlani (FO), Bernardes (BO), Ueda (UO) e Castelane & Araujo (CO) e minerais (B) de Furlani (FM), Bernardes (BM), Ueda (UM) e Castelane & Araujo (CM) durante a condução do experimento após transplântio.

A temperatura das soluções nutritivas é um parâmetro importante a ser observado em cultivo hidropônico, haja vista que a faixa considerada ideal para o desenvolvimento das plantas encontra-se entre 18 °C a 24 °C no verão e 10 °C a 16 °C no inverno (Alberoni, 1998). Temperaturas extremas podem ser prejudiciais aos processos metabólicos ocorridos nos tecidos das plantas, tais como a absorção de nutrientes, a formação da clorofila e fotossíntese (Wahid, 2007; Yang et al., 2009; Al-Hamdani & Ghazal, 2009; Mohammed & Tarpely, 2009). Além do mais, a taxa de

oxigênio dissolvido no meio aquoso diminui com o aumento da temperatura da solução e a demanda por  $O_2$  pelas raízes nesta condição também aumenta, tornando-se mais significativo quando as culturas produzem densas massas de raízes (Sutton et al., 2006). Segundo Martinez et al. (1997), a solubilidade do  $O_2$  na água a  $28^\circ C$  é de  $7,9 \text{ mg L}^{-1}$ , enquanto que a  $45^\circ C$  é de apenas  $6,1 \text{ mg L}^{-1}$ . Ainda segundo os autores, quando as temperaturas do ar e da solução aumentam de  $18^\circ C$  para  $45^\circ C$  e de  $23^\circ C$  para  $28^\circ C$ , respectivamente, o  $O_2$  dissolvido reduz de 78% para 66%, ou seja, de  $6,5$  para  $5,2 \text{ mg L}^{-1}$ , mesmo com injeção constante de ar. Para Alberoni (1998), a temperatura da solução nutritiva não deve ser superior a  $30^\circ C$ .

### pH e condutividade elétrica das soluções nutritivas

A acidez ou alcalinidade de soluções, é indicada pela medição da concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ), sendo representada pela escala de pH. Soluções com pH igual a 7,0 são consideradas neutras, valores abaixo ou acima da neutralidade caracterizam acidez e alcalinidade, respectivamente. De acordo com Martinez (2002), em sistemas hidropônicos a faixa adequada deste parâmetro para a cultura da alface varia entre 5,5 e 6,5 porém durante o desenvolvimento da cultura alterações na concentração hidrogeniônica foram observadas em função do consumo de solução nutritiva pelas plantas (Figura 4).



**Figura 4.** Variação no potencial hidrogeniônico (A e B) e na condutividade elétrica (C e D) das soluções nutritivas de Furlani modificada (FO), Bernardes modificada (BO), Ueda modificada (UO) e Castelane & Araujo modificada (CO) e soluções nutritivas minerais de Furlani (FM), Bernardes (BM), Ueda (UM) e Castelane & Araujo (CM)

Analisando a Figura 4 percebe-se, em relação às soluções minerais (Figura 4B), um poder tamponante maior das soluções nutritivas modificadas (Figura 4A), cuja variação foi, durante a condução do experimento, de 8,3 a 4,3, contra 7,9 a 3,3 da solução mineral; Contudo, valores de pH inferiores a 5,0 foram registrados apenas com a utilização de Castelane & Araujo aos 12 e 13 dias após o transplante. Mesmo comportamento não foi observado com o uso das minerais apresentando valores de pH inferiores a 5,0 durante quase todo o período de avaliação. É certo que substâncias húmicas e fúlvicas exercem poder tampão sobre o pH do solo (Dobbss et al., 2008), quanto às soluções nutritivas utilizadas em sistema hidropônico, Monteiro Filho et al. (2014) também encontraram, avaliando o uso soluções nutritivas modificadas otimizadas com a ferramenta SOLVER, resultados semelhantes.

Os resultados obtidos com este trabalho são promissores considerando-se que a manutenção do pH é uma das operações mais trabalhosas quando se conduzem experimentos com soluções nutritivas pois, como as mesmas não apresentam capacidade tampão, sua acidez ou alcalinidade necessita ser diariamente ajustada para uma faixa de pH adequada, através da adição de uma solução básica ou ácida, respectivamente (Braccini et al., 1999). Segundo Fonseca et al. (2005), a utilização de agentes tamponantes é importante tanto para a pesquisa quanto para os agricultores, por aperfeiçoar operações de correção do pH das soluções nutritivas. Além do mais, o pH proporciona efeito indireto na solubilidade dos nutrientes em que, em valores elevados, poderá ocorrer formação de precipitados de alguns elementos, tais como: cálcio, fósforo, ferro e manganês, que deixam de estar disponíveis às plantas (Gomes et al., 2011).

Ainda analisando as Figuras 4A e 4B verifica-se variação no pH das soluções com valores abaixo do ponto de neutralidade, aos 11, 12 e 13 dias e acima, aos 7, 8 e dos 14 dias em diante com a utilização das soluções modificadas (FO, BO e UO), quanto ao uso das minerais, as soluções acidificaram em quase todo o período de avaliação. Tal resultado pode estar associado ao desbalanço na absorção de cátions e ânions pois, como se sabe absorções aniônicas, a exemplo do íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), proporcionam aumento no pH da solução através da liberação de bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) ou hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ) pelas raízes e o oposto ocorre se cátions, tais como, o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) são absorvidos mais rapidamente do que ânions, havendo liberação de íons hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) (Braccini et al., 1999). Outro fator que justifica a tendência de acidificação das soluções minerais é que o pH das soluções estoques apresentava pH

ácido, diminuindo o pH da solução, mesmo após a adição da base NaOH, por não neutralizar totalmente os íons  $H^+$ .

Oscilações na condutividade elétrica (CE) estão relacionadas ao consumo de água e nutrientes pelas plantas e à evaporação das soluções nutritivas ocorrida durante a condução do experimento. Verifica-se, através das Figuras 4C e 4D, uma variação na CE abaixo e acima do valor de ajuste ( $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ ), indicando diluição e aumento na concentração dos nutrientes, respectivamente. Esta última condição pode estar associada à temperatura registrada no interior do ambiente protegido, isto porque, em temperaturas elevadas, as plantas absorvem mais água do que nutrientes devido a elevada taxa de transpiração. Como resultado final tem-se uma solução mais concentrada e, portanto, uma CE maior. Os maiores decréscimos no valor da condutividade elétrica só foram observados após o 15º dia no transplântio, visto que a partir deste período ocorre um acúmulo maior de matéria seca na planta decorrente da maior absorção de nutrientes e, em contrapartida, diminuição da CE da solução nutritiva (Beninni et al., 2005).

Ainda se percebe, observando as Figuras 4C e 4D, que a calibração da condutividade elétrica foi realizada com êxito, porque a CE era ajustada a  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  independentemente da solução utilizada com o auxílio da ferramenta SOLVER. As oscilações verificadas neste trabalho ocorreram num intervalo de 24h cujos menores e maiores valores foram  $1,05$  a  $1,85 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente, com o uso das soluções minerais de Bernandes e Castelane & Araujo. Alguns autores divergem sobre a faixa ideal de CE a ser utilizada no cultivo hidropônico da alface, podendo variar em função da cultivar e das condições climáticas (Helbel Júnior et al., 2007). No entanto, para Soares (2002), o plantio da alface em sistema hidropônico, em clima quente, deve ser realizado com soluções apresentando uma CE com valor entre  $1,6$  e  $1,8 \text{ dS m}^{-1}$ .

### **Consumo das soluções nutritivas pelas plantas de alface**

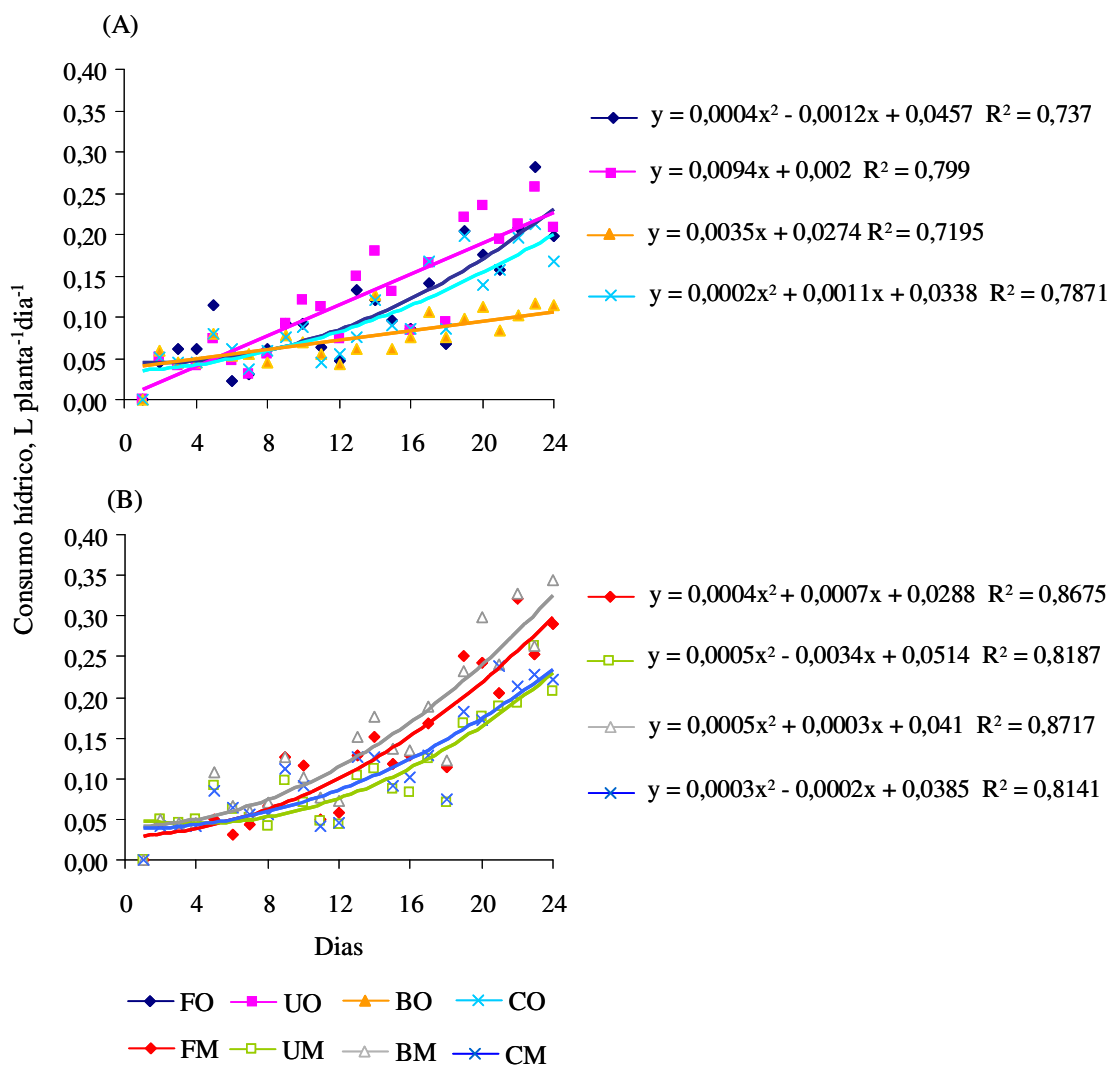
Percebe-se, através do quadro de análise de variância que o consumo de solução nutritiva das alfaces crespas, em todos os tratamentos significativo ( $p < 0,01$ ), ajustou suas médias a modelos de regressão polinomiais quadráticas com a utilização de FM, UM, BM, CM, FO e CO. Com o uso das soluções UO e BO, o modelo de regressão linear foi o que apresentou o melhor ajuste (Tabela 1).

**Tabela 1.** Quadro de análise de variância para análise de regressão do consumo médio estimado de solução nutritiva pela alface crespa em função das soluções minerais de Furlani (FM), Ueda (UM), Bernardes (BM) e Castelane & Araujo (CM) e das soluções de Furlani modificada (FO), Ueda modificada (UO), Bernardes modificada (BO) e Castelane & Araujo modificada (CO)

Fonte de variação	Gl	Quadrado médio							
		FM	UM	BM	CM	FO	UO	BO	CO
Consumo hídrico	23	0,024**	0,012**	0,027**	0,014**	0,014**	0,016**	0,003**	0,010**
Linear	1	0,459**	0,212**	0,518**	0,252**	0,233**	0,304**	0,0338**	0,174**
Quadrático	1	0,025**	0,026**	0,029**	0,015**	0,017**	0,001 <sup>ns</sup>	0,0003 <sup>ns</sup>	0,008**
Desvio	21	0,003**	0,002**	0,003**	0,002**	0,003**	0,003 <sup>ns</sup>	0,0015**	0,002**
Bloco	2	0,01**	0,005**	0,001 <sup>ns</sup>	0,0005 <sup>ns</sup>	0,0004 <sup>ns</sup>	0,009**	0,0014*	0,002*
Resíduo	46	0,001	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008	0,002	0,0003	0,0006
CV (%)		28,81	26,72	21,37	26,71	28,26	35,11	25,56	25,13
Média Geral									
L planta <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>		0,127	0,101	0,143	0,107	0,106	0,119	0,074	0,097

<sup>Gl</sup>Grau de liberdade, \*\* significativo (p<0,01), \* significativo (p<0,05), <sup>ns</sup>não significativo (p>0,05).

Nos primeiros dias após o transplântio (DAT), não foram observadas grandes variações no consumo pela cultura das soluções nutritivas modificadas FO e CO; no entanto a partir do 10º dia as plantas da alface crespa seu consumo aumentado. Com a utilização das soluções nutritivas UO e BO, a absorção de solução foi crescente em todo o período de avaliação cujo incremento unitário foi, em dias, de 0,0094 e 0,003 L, respectivamente (Figura 5A). Quanto às soluções minerais também não foram observadas grandes variações no consumo hídrico nos primeiros DAT; contudo, a partir do 8º dia, ocorreu um aumento significativo no consumo caracterizando bem a diferença entre as soluções testadas cujas maiores médias foram registradas no último período de avaliação (Figura 5B).



**Figura 5.** Consumo de solução nutritiva pela alface crespa durante o período experimental em função das soluções nutritivas modificadas (A) de Furlani (FO), Bernardes (BO), Ueda (UO) e Castelane & Araujo (CO) e minerais (B) de Furlani (FM), Bernardes (BM), Ueda (UM) e Castelane & Araujo (CM)

O consumo médio (L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) de cada solução nutritiva foi, no período de 24 DAT, da ordem decrescente: BM (0,143), FM (0,127), UO (0,119), CM (0,107), FO (0,106), UM (0,101), CO (0,097) e BO (0,074) (Tabela 1). Variações no consumo em função de diferentes cultivares da alface crespa também são relatadas na literatura, Sanchez (2007), utilizando a solução de Furlani (1995) e uma CE de 1,7 dS m<sup>-1</sup> em sistema hidropônico tipo NFT verificou, aos 28 DAT, um consumo hídrico de 0,327; 0,242; 0,215; 0,165 e 0,149 (L planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) com a utilização das cultivares Crespona gigante, Verônica, Locarno, Pira Vermelha e Pira Roxa, respectivamente.

Ainda com relação ao consumo hídrico médio (Tabela 1), os menores valores registrados com a utilização das soluções modificadas em comparação às minerais de

mesma composição química, podem estar associados à produção de fitomassa que, embora não seja apresentado neste trabalho, apresentaram valores médios em grama de: 223,50 (BM), 190,20 (FM), 145,80 (CM), 108,31 (UM), 88,83 (FO), 77,75 (BO), 69,48 (CO) e 40,21 (UO). Segundo Paulus et al. (2012), o aumento no consumo hídrico pela alface indica uma elevação na transpiração da cultura decorrente de um acréscimo da taxa fotossintética e de uma produção maior de fitomassa.

### **Monitoramento, calibração e manutenção das soluções nutritivas**

Nas Tabelas 2 e 3 estão descritos os volumes retirados de solução que alimentavam as calhas hidropônicas e os acréscimos de água do reservatório e de solução estoque calculados com o auxílio da ferramenta SOLVER.



**Tabela 2.** Manutenção da condutividade elétrica (CE) medindo-se o volume das soluções minerais evapotranspiradas (V.EVA) e se calculando, através da ferramenta SOLVER, o volume de solução retirada (V.RET) e os acréscimos de água (V.AGU) e de solução estoque (V.S.E) nos reservatórios, de modo a manter 17L de solução nutritiva e uma CE de 1,5 dS m<sup>-1</sup>

Avaliação, dias	Furlani mineral				Bernardes mineral				Ueda mineral				Castelane mineral			
	V.EVA	V.RET	V.AGU	V.S.E	V.EVA	V.RET	V.ACR	V.S.E	V.EVA	V.RET	V.ACR	V.S.E	V.EVA	V.RET	V.ACR	V.S.E
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,91	0,00	0,73	0,18	1,01	0,00	0,75	0,26	1,01	0,00	0,58	0,43	0,81	0,00	0,61	0,20
3	0,91	0,00	0,69	0,22	0,91	0,00	0,72	0,20	0,91	0,00	0,59	0,32	0,81	0,00	0,59	0,22
4	0,91	0,12	0,85	0,19	0,91	0,00	0,61	0,30	1,01	0,00	0,74	0,29	0,81	0,04	0,73	0,13
5	0,99	0,10	0,75	0,34	2,14	0,00	0,13	0,29	1,84	0,90	2,30	0,44	1,72	0,00	1,14	0,57
6	0,61	0,03	0,22	0,42	1,32	0,00	0,69	0,63	1,26	0,00	1,03	0,22	1,29	0,00	0,92	0,38
7	0,85	0,07	0,78	0,14	1,21	0,00	0,80	0,40	1,03	0,05	0,40	0,68	1,11	0,00	0,88	0,22
8	1,32	0,00	0,87	0,44	1,42	0,00	0,90	0,51	0,81	0,00	0,54	0,27	1,11	0,00	0,77	0,34
9	2,53	0,00	1,89	0,63	2,53	0,00	0,91	1,62	1,94	0,00	1,46	0,48	2,23	0,00	1,60	0,61
10	2,33	0,00	1,82	0,51	2,02	0,00	1,30	0,72	1,42	0,29	1,58	0,11	1,82	0,00	1,55	0,35
11	1,01	0,56	0,68	0,89	1,54	0,74	0,25	2,02	0,95	0,56	0,60	0,91	0,81	0,43	0,21	1,02
12	1,17	0,00	0,33	0,84	1,44	0,33	1,50	0,26	0,87	0,00	0,75	0,12	0,91	0,19	0,21	0,89
13	2,57	0,00	1,95	0,62	3,04	0,00	2,40	0,63	2,08	0,00	1,80	0,28	2,53	0,13	2,45	0,21
14	3,04	0,00	1,66	1,38	3,54	0,00	1,70	1,84	2,23	0,00	1,54	0,69	2,53	0,00	1,60	0,93
15	2,37	0,00	1,11	1,25	2,73	0,00	1,33	1,40	1,76	0,00	1,14	0,62	1,84	0,00	1,23	0,61
16	2,59	0,00	1,98	0,61	2,69	0,00	1,41	1,21	1,66	0,00	1,43	0,23	2,02	0,00	1,37	0,65
17	3,34	0,07	2,86	0,54	3,76	0,00	2,96	0,79	2,47	0,13	2,58	0,01	2,55	0,60	3,15	0,00
18	2,29	0,00	0,59	1,69	2,43	0,00	0,58	2,65	1,42	0,00	0,64	0,78	1,48	0,00	0,47	1,01
19	5,00	0,00	2,16	2,83	4,65	0,00	2,32	2,33	3,34	0,10	2,24	1,20	3,64	0,00	2,44	1,20
20	4,86	0,00	2,13	2,72	5,97	0,00	2,82	3,14	3,54	0,00	1,83	1,71	3,44	0,00	1,53	1,90
21	4,09	0,00	1,85	2,23	4,80	0,00	1,89	2,90	3,78	0,00	2,14	1,64	4,75	0,00	2,39	2,36
22	6,43	0,00	3,82	2,61	6,56	1,50	2,17	5,89	3,84	0,00	2,83	1,02	4,25	0,00	2,85	1,40
23	5,06	1,10	0,00	6,36	5,26	0,00	1,23	4,02	5,26	0,00	3,56	1,70	4,55	1,43	0,12	5,85
24	5,81	0,00	3,51	2,28	6,88	0,00	4,31	2,56	4,15	0,00	2,83	1,33	4,45	0,00	2,99	1,46
Consumo hídrico total planta <sup>-1</sup>	3,04				3,43				2,42				2,57			

**Tabela 3.** Manutenção da condutividade elétrica (CE) medindo-se o volume das soluções modificadas evapotranspiradas (V.EVA) e se calculando, através da ferramenta SOLVER o volume de solução retirada (V.RET) e os acréscimos de água (V.AGU) e de solução estoque (V.S.E) nos reservatórios, de modo a manter 17L de solução nutritiva e uma CE de 1,5 dS m<sup>-1</sup>

Avaliação, dias	Furlani organomineral				Bernardes modificada				Ueda organomineral				Castelane organomineral			
	V.EVA	V.RET	V.AGU	V.S.E	V.EVA	V.RET	V.ACR	V.S.E	V.EVA	V.RET	V.ACR	V.S.E	V.EVA	V.RET	V.ACR	V.S.E
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,91	0,00	0,70	0,21	0,91	0,00	0,69	0,22	1,01	0,00	0,55	0,46	1,01	0,00	0,78	0,23
3	1,21	0,00	0,89	0,32	0,91	0,00	0,71	0,20	0,81	0,00	0,50	0,31	0,91	0,00	0,60	0,31
4	1,21	0,00	0,81	0,40	0,91	0,00	0,74	0,17	0,81	0,08	0,39	0,50	0,91	0,00	0,74	0,18
5	1,92	0,00	1,28	0,63	1,60	0,00	1,15	0,44	1,48	0,00	0,90	0,57	1,60	0,00	1,18	0,42
6	0,71	0,00	0,18	0,41	1,07	0,00	0,69	0,37	0,95	0,24	0,32	0,87	1,21	0,12	0,97	0,36
7	0,51	0,00	0,14	0,18	1,09	0,00	1,16	0,26	0,61	0,47	0,07	1,00	0,73	0,00	0,59	0,13
8	1,11	0,00	0,81	0,40	0,91	0,19	1,00	0,10	1,11	0,00	0,11	1,00	1,19	0,00	0,97	0,22
9	1,62	0,00	0,89	0,72	2,21	0,00	1,58	0,63	1,82	0,00	1,37	0,45	1,52	0,00	1,28	0,24
10	1,98	0,00	1,00	0,98	1,38	0,00	0,93	0,44	2,43	0,00	0,33	2,09	1,74	0,00	0,92	0,81
11	1,25	0,77	1,96	0,07	0,65	0,24	0,80	0,09	2,23	0,28	0,31	2,19	0,91	0,39	1,06	0,24
12	0,67	0,22	0,26	0,63	0,87	0,00	0,42	0,45	1,48	9,56	0,43	10,62	1,09	0,00	0,33	0,76
13	2,39	0,00	1,63	0,75	1,21	0,00	0,96	0,25	2,99	0,00	0,81	2,18	1,52	0,00	0,97	0,54
14	2,63	0,00	1,51	1,12	2,53	0,00	1,96	0,57	3,60	0,00	0,92	2,68	2,43	0,00	1,49	0,93
15	1,84	0,00	1,05	0,79	1,23	0,00	0,64	0,32	2,63	0,16	0,00	2,79	1,78	0,00	1,10	0,67
16	1,48	0,00	1,23	0,25	1,52	0,00	1,14	0,38	1,66	0,00	0,92	0,74	1,70	0,00	1,22	0,48
17	3,36	0,00	2,25	1,11	2,10	0,01	1,61	0,49	3,30	2,93	0,00	6,23	3,36	0,00	2,34	1,01
18	1,42	0,00	0,28	1,14	1,50	0,00	0,86	0,64	1,86	0,00	0,70	1,16	1,72	0,00	0,53	1,19
19	4,35	0,00	2,72	1,63	1,94	0,12	1,97	0,09	4,39	0,00	0,84	3,53	3,97	0,00	2,68	1,29
20	3,95	0,00	2,27	1,67	2,23	0,00	1,52	0,69	4,69	0,00	3,27	1,42	2,79	0,00	1,92	0,86
21	3,10	0,00	1,80	1,30	1,66	0,00	1,28	0,37	3,88	13,12	0,12	16,88	3,14	0,00	2,12	1,01
22	4,49	0,00	1,62	2,87	2,02	0,00	0,77	1,25	4,25	9,79	0,00	14,04	3,93	0,00	1,64	2,28
23	4,69	0,25	1,88	3,06	2,33	0,00	0,91	1,41	5,16	3,28	3,30	6,23	4,25	0,00	1,70	2,54
24	4,25	0,00	3,03	1,22	1,92	0,00	1,37	0,55	4,15	0,00	3,16	0,98	3,34	0,00	2,67	0,67
Consumo hídrico total planta <sup>-1</sup>	2,55				1,77				2,86				2,33			

O monitoramento e a calibração das soluções se iniciaram a partir do segundo dia após o transplante das mudas com o registro do volume evapotranspirado, assim como o ajuste de todas as soluções nutritivas avaliadas neste trabalho. Em determinados períodos de avaliação, a exemplo do 11º e 12º dia com a utilização da solução de Furlani mineral (Tabela 2), foi notória a necessidade de se retirar, do reservatório que alimentava a calha 0,77 e 0,22 L de solução, respectivamente. Todas as vezes em que esta operação foi realizada, as soluções nutritivas apresentavam CE superior a  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ ; assim a retirada de solução teve, como objetivo desconcentrar a solução com o acréscimo de água de abastecimento.

Ainda em relação às Tabelas 2 e 3, verifica-se que a soma dos volumes acrescentados de água de reservatório mais solução estoque, corresponde ao volume evapotranspirado, o que promoveu, ao final de cada ajuste, soluções com CE, de  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$  e um volume de 17 L. É importante frisar que a CE, apesar de correlacionar com a concentração, não faz nenhuma estimativa sobre o balanço iônico da solução, sendo necessário, dependendo da finalidade de cultivo (comercial ou científico), da cultura a ser implantada e do volume do reservatório a reposição de 100% da solução nutritiva. Neste trabalho as reposições foram realizadas em intervalos de 7 dias; de acordo com Braccini et al. (1999), o êxito do cultivo em sistema hidropônico tipo NFT é alcançado quando a concentração, o balanço entre cátions e ânions e o pH da solução nutritiva sofrem poucas alterações ao longo do ciclo da cultura.

Em sistemas hidropônicos é fundamental a gestão da solução nutritiva de modo que não ocorram grandes alterações na sua composição, visto ser a mesma requerida constantemente pela cultura. Ao contrário do solo, sistemas hidropônicos não oferecem capacidade tampão contra mudanças de concentração na zona radicular, o que é um risco a ser considerado em sistema de produção hidropônico. Neste trabalho foram verificadas alterações acima e abaixo do valor de ajuste da condutividade elétrica ( $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ ) em todas as soluções nutritivas (Figura 4), indicando concentração e diluição de nutrientes nas soluções, respectivamente. A utilização do SOLVER como ferramenta de auxílio na calibração diária das soluções foi fundamental no seu gerenciamento por reduzir o tempo de calibração (não era realizada por tentativa), desperdício de solução e prevenir possíveis distúrbios nutricionais provocados por alterações significativas na condutividade elétrica.

Vale a pena salientar que as soluções nutritivas representam um custo de produção; logo uma vez utilizada em sistema hidropônico a sua concentração deve ser

frequentemente acompanhada. Segundo Londero (2000) a adição constante de solução nutritiva com renovação completa da solução apresenta, como inconvenientes, o desperdício de água e nutrientes e o efeito poluente ao meio ambiente (principalmente nitratos e fosfatos). Ainda segundo os autores, a renovação das soluções através de adições periódicas de soluções estoque reduz os custos de produção sem afetar a produção.

### **Conclusões**

1. A variação de pH foi menor nas soluções nutritivas modificadas, porém se constatou, após cada reposição a necessidade de correção do pH para valores próximos de 7,0, antes de serem utilizadas no sistema hidropônico;
2. A alface consumiu maiores volumes de solução mineral que de organomineral de mesma composição química;
3. A ferramenta SOLVER foi eficiente e de fácil utilização no processo de calibração da condutividade elétrica e do volume das soluções nutritivas, sendo requeridos dados frequentemente mensuráveis em sistemas hidropônicos.

### **Referências Bibliográficas**

- Alberoni, R. B.. Hidroponia: Como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo. São Paulo: Nobel, 1998.
- Al-Hamdani, S. H.; Ghazal, J. J. Selected physiological responses of *Salvinia minima* to various temperatures and light intensities. **American Fern Journal**, v. 99, n.3, p. 155-161, 2009
- Barbieri, E.; Melo, D. J. F. de; Andrade, L. F.; Pereira, E. W. L.; Cometti, N, N. Condutividade elétrica ideal para o cultivo hidropônico de alface em ambiente tropical. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 2, p.303-308, 2010.

- Beninni, E. R. Y.; Takahashi, H. W.; Neves, C. S. V. J. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. **Semina: Ciências Agrárias**, v.26, n. 3, p.273-282, 2005.
- Bernardes, L. J. H. **Hidroponia da alface: uma história de sucesso**. São Paulo: Estação Experimental de Hidroponia "Alface e Cia", 1997. 135p.
- Braccini, M. C. L.; Braccini, A. L. E.; Martinez, H. E. P. Critérios para renovação ou manutenção de solução nutritiva em cultivo hidropônico. **Ciências Agrárias**, v.20, n.1, p.48-57, 1999.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Divisão de agrologia – SUDENE. 1971. **Levantamento exploratório**. Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Rio de Janeiro: 1971. p. 670. (Boletim Técnico, 15).
- Castellane, P. D.; Araújo, J. A. C. De. **Cultivo sem solo: hidroponia**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43p.
- Corrar, L. J.; Garcia, E. A. R. Programação linear: uma aplicação à contabilidade de custos no processo de tomada de decisão. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CUSTOS, 7, 2001, León. **Anais...** Leon, 2001.
- Dias, N. S.; Brito, A. A. F.; Sousa Neto, O. N.; Lira, R. B.; Brito, R. F. Produção de alface hidropônica utilizando biofertilizante como solução nutritiva. **Revista Caatinga**, v.22, n.4, p.158-162, 2009.
- Dobbss, L. B.; Canellas, L. P.; Alleoni, L. R. F.; Rezende, C. E.; Fontes, M. P. F.; Velloso, A. C. X. Eletroquímica de latossolos brasileiros após a remoção da matéria orgânica humificada solúvel. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n. 3, p.985-996, 2008.
- Factor, T. L. **Produção de minitubérculos de batatasemente em sistemas hidropônicos nft, dft e aeroponia**. Jaboticabal: UNESP, 2007. 120p. Tese Doutorado.

- Ferreira, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45. São Carlos, 2000. **Anais...** São Carlos, UFSCar, 2000. p.255-258. CD- Rom
- Fonseca, M. C. M.; Raslan, K. R.; Martinez, H. E. P.; Pereira, P. R. G.; Barbosa, J. G. Tamponamento do pH da solução nutritiva na hidroponia de plantas ornamentais. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, v.11, n.2, p.100-108, 2005.
- Furlani, P. R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: IAC, 1995. 18p. (Documentos, 55).
- Furtado, L. F. **Vazões de aplicação de solução nutritiva, teor de nitrato em alface sob cultivo hidropônico e aceitabilidade sensorial**. Cascavel: UNIOESTE, 2008. 71p. Dissertação Mestrado.
- Genuncio, G. C.; Gomes, M.; Ferrari, A. C.; Majerowicz, N.; Zonta, E. Hydroponic lettuce production in different concentrations and flow rates of nutrient solution. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 526-530, 2012.
- Gomes, L. S.; Martins, C. A. S.; Nogueira, N. O.; Lopes, F. S.; Xavier, T. M. T.; Cardoso, L. C. M. Efeito de diferentes valores de pH da solução nutritiva no desenvolvimento de variedades de melão. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, n. 1, p.73-78, 2011.
- Gondim, A. R. O.; Flores, M. E. P.; Martinez, H. E. P.; Fontes, P. C. R.; Helbel Junior, C.; Rezende, R.; Santos, H. S.; Freitas, P. S. L.; Azevedo, T. L. F.; Frizzone, J. A. Soluções nutritivas, vazões e qualidade da alface hidropônica. **Acta Scientiarum Agronomy**, n. 29, n. 2, p. 291-295.2010.
- Helbel Junior, C.; Rezende, Frizzone, R. J. A.; Santos, H. S.; Dallacort, R. Produção hidropônica da cultura da alface com soluções nutritivas e vazões distintas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 3, p. 391-395, 2007.

- Londero, F. A. A. **Reposição de nutrientes em soluções nutritivas no cultivo hidropônico de alface**, Santa Maria: UFSM, 2000. 100p. Dissertação Mestrado.
- Lopes, M. C.; Freier, M.; Matte, J.C.; Gärtner, M.; Franzener, G.; Nogarolli, E.L.; Sevignani, A. Acúmulo de nutrientes por cultivares de alface em cultivo hidropônico no inverno. **Horticultura Brasileira**. v.21, n.2, p.211-215, 2003.
- Martinez, H. E. P.; Braccini, M. C. L.; Braccini, A. L. Cultivo hidropônico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum Mill.*). **Revista Unimar**, v. 19, n. 3, p. 721-740, 1997.
- Martinez, H. E. P. **O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa: UFV, 2002. 61p. Caderno Didático, n.1.
- Mohammed, A. R.; Tarpley, L. High night time temperatures affect rice productivity through altered pollen germination and spikelet fertility. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 149, n. 6/7, p. 999-1008, 2009
- Monteiro Filho, A. F.; Pereira, G. L.; Azevedo, M. R. Q. A.; Fernandes, J. D.; Azevedo, C. A. V. Cultivo hidropônico de cultivares de alface em soluções nutritivas organominerais otimizadas com a ferramenta SOLVER. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol.18, n. 4, p. 417-424, 2014.
- 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, n. 1, p. 100-117, 2012.
- Ribeiro, K. S.; Ferreira, E.; Costa, M. S. S. M.; Gazola, D.; Szimanski, C. Uso de biofertilizante no cultivo de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n. 2, p.160-164, 2007.
- Sanchez, S. V. **Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP)**. Jaboticabal: UNESP, 2007. 63 p. Tese Doutorado.

- Santos, R. N. C.; Minami, K. **Cultivo Hidropônico do Meloeiro**. Piracicaba/SP: ESALQ, 2002. 38 p.
- Silva, A. O.; Soares, T. M.; Silva, Ê. F. F.; Santos, A. N.; Klar, A. E. Consumo hídrico da rúcula em cultivo hidropônico NFT utilizando rejeitos de dessalinizador em Ibimirim-PE. **Irriga**, v. 17, n. 1, p. 114-125, 2012.
- Soares, I. **Alface: cultivo hidropônico**. Fortaleza: UFC, 50p. 2002.
- Soares, T. M.; Duarte, S. N.; Silva, E. F. De F. E.; Jorge, C. A. Combinação de águas doce e salobra para a produção de alface hidroponica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.705-714, 2010.
- Sutton, J. C.; Sopher, C. R.; Owen-Going, T. N.; Liu, W.; Grodzinski, B.; Hall, J.C.; Benchimol, R.L. Etiology and epidemiology of Pythium root rot in hydroponic crops: current knowledge and perspectives. **Summa Phytopathologica**, v.32, n. 4, p. 307-321, 2006.
- Ueda, S. **Hidroponia: guia prático**. São Paulo: Agrocasa-de-Vegetação, 1990. 50p.
- Wahid, A.; Gelani, S.; Ashra, M.; Foolad, M. R. Heat tolerance in plants: An overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, n. 3, p.199-223, 2007.
- Yang, J.; Kong, Q.; Xiang, C. Effects of low night temperature on pigments, chl a fluorescence and energy allocation in two bitter melon (*Momordica charantia* L.) genotypes. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 31, p. 285-293, 2009.



## **CAPÍTULO 4**

### **CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA ALFACE HIDROPÔNICA CULTIVADA COM DIFERENTES SOLUÇÕES NUTRITIVAS OTIMIZADAS**

## **Crescimento e produção da alface hidropônica cultivada com diferentes soluções nutritivas otimizadas**

**RESUMO:** A utilização de soluções minerais é bastante difundida no cultivo hidropônico, porém quanto ao uso de soluções organominerais pouco se sabe. Objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar o crescimento e a produção da alface cresa com diferentes soluções nutritivas em sistema hidropônico do tipo NFT; para isto instalou-se um experimento em blocos casualizados com três repetições em parcelas subdivididas. As parcelas corresponderam a oito soluções nutritivas sendo quatro minerais com composição sugerida por Bernardes, Furlani, Castelane & Araújo e Ueda e quatro organominerais com composição química semelhante às anteriormente citadas. As subparcelas foram três cultivares da alface cresa: Thais, Vanda e Verônica. 25 dias após o transplante das mudas avaliaram-se os seguintes parâmetros: diâmetro do caule e da parte aérea, comprimento da raiz, área foliar, número de folhas e fitomassa fresca e seca da parte aérea e das raízes. As soluções minerais de Bernardes, Furlani e Castelane & Araújo promoveram os melhores resultados de crescimento e produção. Entre as soluções nutritivas modificadas a solução de Furlani foi a que se destacou; e enfim a produção não variou entre as cultivares independentemente da solução utilizada.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa*, L., hidroponia, SOLVER, desempenho agrônomico

## **Growth and production of hydroponic lettuce grown under different optimized nutrient solutions**

**ABSTRACT:** The use of mineral solutions is widespread in hydroponics, however, regarding to the use of organomineral solutions little is known. The objective of this work was to evaluate the growth and production of leaf lettuce with different nutritional solutions in hydroponic system type NFT. To do this was set up an experiment in triplicate and in a randomized split-plot. The plots corresponded to eight nutrient solutions with four minerals with composition suggested by Bernardes, Furlani, Castelane & Araújo, and Ueda, and four organominerals with same composition as the aforementioned. The subplots were three varieties of leaf lettuce: Thais, Vanda, and

Veronica. After 25 days of transplantation the following parameters were evaluated: stem and shoot diameter, root length, leaf area, leaf number, fresh weight, and dry weight of shoot and root. Mineral solutions of Bernardes, Furlani, and Castelane & Araújo promoted better growth and production. Among the organomineral solutions, the Furlani solution was the one that stood out. The production did not vary among cultivars regardless of the nutrient solution used.

**Key words:** *Lactuca sativa*, L., hydroponic, SOLVER, agronomic performance

## Introdução

O consumo de hortaliças vem aumentando não só pelo crescimento populacional mas também pela tendência de mudança no hábito alimentar do consumidor, tornando-se inevitável o aumento da produção. Esta crescente demanda mundial por alimentos, associada à má distribuição das chuvas, está exigindo cada vez mais a utilização de água, antes considerada restritiva ou imprópria para a agricultura.

Além disto, a destruição do meio ambiente tem favorecido a preocupação sobre a sustentabilidade das atividades humanas. Uma parcela considerável dos ecossistemas terrestres vem sendo alterada de forma intensiva pelo homem e o ritmo de exploração dos recursos naturais parece ultrapassar a capacidade de regeneração de muitos desses ecossistemas (Potrich et al., 2012).

A estacionalidade da produção, a dependência do clima, a terra como fator de produção, entre outras, são características peculiares do setor agrícola que limitam a produção de alimentos e aumentam os riscos das atividades rurais. A produção de olerícolas é uma atividade agrícola vantajosa quando praticada em condições ambientais adequadas e próximas a centrais de comercialização. Desta forma, é imprescindível a busca de novas alternativas de cultivo e tecnologias que contribuam para o aumento da produtividade (Araújo et al., 2009).

Atualmente, o cultivo de hortaliças em ambiente protegido, em especial o cultivo hidropônico, é bastante difundido (Cuppini et al., 2010), devido à possibilidade de controle das condições adversas de cultivo, tais como variações climáticas e ataques de pragas, favorecendo o desenvolvimento das plantas e a produção de olerícolas de melhor qualidade (Helbel Júnior et al., 2008).

A produção de alimentos em sistemas hidropônicos se destaca no Brasil e em diversos países como alternativa para o aumento da produtividade de diversas culturas (Ohse et al., 2001). Vários estudos já foram realizados com o cultivo hidropônico da alface, a exemplo de Paulus et al. (2010), Paulus et al. (2012), Alves et al. (2011), Santos et al. (2011), e Sarmiento et al. (2014). Entretanto, todos se referem ao uso de soluções nutritivas minerais, em especial a de Furlani (1995), sendo escassos os trabalhos que relacionam o uso de soluções orgânicas ou organominerais com o crescimento e a produção de alface em sistema hidropônico.

Um dos maiores desafios para a agricultura na atualidade, é o de desenvolver sistemas agrícolas sustentáveis que possam produzir alimentos e fibras em quantidades e qualidades suficientes sem afetar os recursos do solo e do ambiente. Na tentativa de superar tais desafios, o agricultor familiar vem substituindo os insumos sintéticos pelos orgânicos produzidos na maioria das vezes na sua propriedade. Tal prática tem demandado pesquisas sobre indicadores de fertilidade, controle de pragas e doenças cada vez mais precisas (Alencar et al., 2012).

O biofertilizante é um dos principais insumos orgânicos utilizados em sistemas agroecológicos porém a falta de testes e informações na busca de uma padronização limita sua exploração visto que cada cultura possui uma exigência nutricional própria, o que não é levado em consideração durante o preparo (Lovatto et al, 2011).

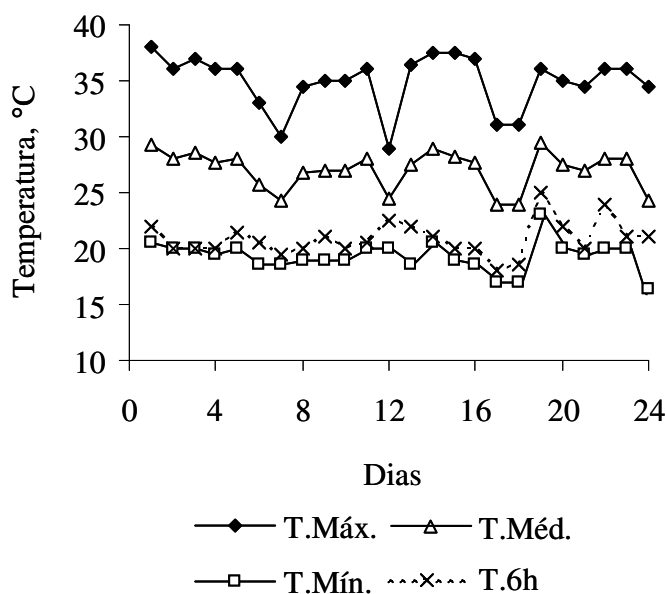
Segundo Ribeiro et al. (2007), é viável a utilização de soluções organominerais, à base de biofertilizante, no cultivo da alface hidropônica. Contudo, o grande desafio para se formular tal solução está no cálculo para balancear os nutrientes, uma vez que, os ingredientes orgânicos possuem macro e micronutrientes em concentrações diferentes. Neste contexto objetivou-se, com a realização deste trabalho avaliar o crescimento e a produção da alface hidropônica cultivada com diferentes soluções minerais e organominerais otimizadas através da ferramenta Microsoft Office Excel.

## Material e Métodos

### Condução do experimento

O experimento foi conduzido em sistema hidropônico adotando-se a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT), em ambiente protegido (casa de vegetação), no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), situado na cidade de Lagoa Seca, PB, com as seguintes coordenadas geográficas: 7° 10' 15" S, 35° 51' 14" W. Segundo a classificação climática de Köppen-Geige (Brasil, 1971) o clima do município é caracterizado como tropical úmido (As'), com temperatura média anual em torno de 22°C, sendo a mínima de 18°C e a máxima de 33°C.

Registraram-se diariamente, durante a condução deste trabalho, os valores da temperatura mínima, média, máxima e no horário das 6:00h, cujos dados estão demonstrados na Figura 1.



**Figura 1.** Dados de temperatura máxima (T.Máx.), temperatura mínima (T.Mín.), temperatura média (T. Méd.) e temperatura registrada às 6:00h (T.6h) durante a condução do experimento

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com os tratamentos dispostos em parcelas subdivididas, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por oito soluções nutritivas sendo quatro minerais com composição química proposta por Bernades (1997), Castelane & Araújo (1994), Furlani (1995) e Ueda (1990), as quais foram denominadas BM, CM, FM, UM respectivamente e quatro

soluções com composição química similar às anteriormente citadas, sendo essas modificadas por esta pesquisa com a utilização de biofertilizante em sua composição, produzindo-se 4 soluções nutritivas organominerais denominadas soluções nutritivas de Bernardes modificada (BO), Castelane & Araujo modificada (CO), Furlani modificada (FO) e Ueda modificada (UO). Cada parcela apresentava duas calhas espaçadas entre si em 0,30 m; cada calha continha 10 plantas da alface crespa espaçadas entre si em 0,30 m; a subparcela correspondeu a três cultivares de alface crespa: TH = Thais; VE= Verônica e VA = Vanda; cada subparcela foi composta de 6 plantas/cultivar. A composição química das soluções minerais é descrita na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química das soluções nutritivas minerais

Nutrientes	Solução			
	Ueda	Castelane Araújo	Furlani	Bernardes
	-----mg L <sup>-1</sup> -----			
NO <sub>3</sub>	42,35	216,00	200,00	178,00
NH <sub>4</sub>	5,80	20,09	15,56	18,00
P	8,08	61,28	32,70	71,37
K	77,34	425,39	310,28	269,67
Ca	21,00	159,60	168,00	201,60
Mg	5,92	24,26	24,65	49,30
S	7,80	31,98	32,50	65,00
Mn	0,64	0,54	0,64	0,49
Zn	0,01	0,26	0,20	0,05
Cu	0,01	0,06	0,07	0,03
Bo	0,52	0,49	0,36	0,50
Mo	0,02	0,05	0,11	0,01
Fe	2,23	2,23	2,23	2,23

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>- nitrato; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>- amônio; P- Fósforo; K- Potássio; Ca- Cálcio; Mg- Magnésio; S- Enxofre; Mn- Manganês; Zn- Zinco; Cu- Cobre; Bo- Boro; Mo- Molibdênio; Fe- Ferro

### Preparo e caracterização química das soluções nutritivas

Para o preparo das soluções nutritivas modificadas foram formulados, inicialmente, quatro biofertilizantes com o auxílio da ferramenta SOLVER, da Microsoft Office Excel, visando obter uma mistura de ingredientes orgânicos com composição química próxima às sugeridas por Ueda, Castelane & Araújo, Furlani e Bernardes, tais biofertilizantes foram denominados BIO1, BIO2, BIO3 e BIO4, respectivamente. Os ingredientes utilizados foram o esterco bovino, leite bovino, sangue de aves proveniente do CCAA/UEPB e melão adquirido no comércio de Campina Grande, Paraíba. A caracterização química, e os quantitativos utilizados no preparo dos biofertilizantes são apresentados nas Tabelas 2 e 3 respectivamente.

**Tabela 2.** Composição química dos ingredientes utilizados na formulação dos biofertilizantes

Nutrientes	Ingredientes			
	Esterco bovino	Melaço	Sangue de aves	Leite
	-----%-----			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,820	0,490	2,550	5,370
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,000	0,000	0,000	0,000
P	0,270	0,080	0,047	0,680
K	1,190	2,380	0,060	1,470
Ca	1,050	0,820	0,047	1,170
Mg	0,380	0,350	0,068	0,000
S	0,045	0,350	0,000	0,000
Zn	0,004	0,034	0,035	0,011
Fe	0,380	0,000	0,000	0,001
Mn	0,016	0,000	0,000	0,000
Cu	0,001	0,002	0,000	0,002
Bo	0,000	0,000	0,000	0,000

**Tabela 3.** Quantitativo dos ingredientes utilizados no preparo dos biofertilizantes

Fertilizantes orgânicos	Biofertilizante			
	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4
	-----kg L <sup>-1</sup> de água-----			
Esterco bovino	0,120	0,120	0,150	0,100
Melaço	0,018	0,018	0,020	0,020
Sangue de aves	0,003	0,003	0,005	0,003
Leite	0,010	0,000	0,010	0,010

Após a formulação os ingredientes foram misturados e diluídos em 30 L de água de reservatório (água de chuva). Visando promover a ação dos microrganismos aeróbicos, injetou-se ar comprimido nos biofertilizantes com o auxílio de um compressor de ar durante o período de 30 dias, o que garantiu uma concentração de oxigênio dissolvido próxima a 2,0 mg L<sup>-1</sup>. A água do reservatório também foi analisada apresentando, como resultado: 0,239 dS m<sup>-1</sup>; pH = 7,3 e em mg L<sup>-1</sup>: dureza em Ca<sup>++</sup> = 48,4; dureza em Mg<sup>++</sup> = 6,4; dureza total (CaCO<sub>3</sub>) = 147,5; K<sup>+</sup> = 21,7; Cl<sup>-</sup> = 33,4; Na<sup>+</sup> = 4,7; Fe total = 0,01; SO<sub>4</sub><sup>-</sup> = 3,3; P = 0,0; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 0,75 e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 0,15.

Uma vez maturados os biofertilizantes, suas amostras foram coletadas e caracterizadas quimicamente com base na matéria seca, no laboratório de análises de solo, água e planta, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte-EMPARN. Os resultados estão descritos na Tabela 4.

**Tabela 4.** Composição química dos biofertilizantes

Nutrientes	Biofertilizante			
	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4
	-----mg L <sup>-1</sup> -----			
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	7,28400	12,800	34,787	14,144
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,004	0,004	0,010	0,004
P	4,036	14,009	66,855	56,350
K	35,716	79,124	23,050	14,807
Ca	7,748	24,708	23,083	14,807
Mg	94,800	33,220	21,059	181,844
S	0,000	0,000	0,000	0,000
Zn	0,078	0,269	0,259	0,158
Fe	0,493	1,300	2,328	0,884
Mn	0,100	0,241	0,044	0,197
Cu	0,013	0,027	0,038	0,016

Como a caracterização química dos biofertilizantes apresentou concentração nutricional inferior à das recomendadas por Ueda, Castelane & Araújo, Furlani e Bernardes (Tabela 1), os biofertilizantes tiveram que ser complementados com fertilizantes minerais. Os quantitativos dos fertilizantes utilizados no preparo de 360 L das soluções estoques minerais e modificadas, constam na Tabela 5.

**Tabela 5.** Quantitativos dos fertilizantes utilizados no preparo de 360 L das soluções nutritivas estoque

Fertilizantes	Und	Soluções nutritivas							
		FM	BM	UM	CM	FO	BO	UO	CO
Biofertilizante	L	0,0	0,0	0,0	0,0	179,5	359,30	229,22	331,46
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	g	18,01	27,39	7,93	16,26	0,00	3,83	0,28	0,00
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	g	432,00	426,91	44,47	337,97	407,62	395,62	34,02	318,41
KNO <sub>3</sub>	g	151,30	25,8	71,41	270,56	156,19	52,25	80,21	282,03
KCl	g	84,85	173,29	0,00	53,00	55,67	106,68	0,00	19,05
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	g	0,07	0,028	0,01	0,09	0,04	0,01	0,002	0,07
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	g	0,20	0,050	0,01	0,26	0,06	0,03	0,00	0,16
MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	g	0,88	0,48	0,63	0,53	0,85	0,29	0,56	0,44
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	g	41,75	133,26	15,93	58,79	10,12	64,67	0,00	15,96
Água de reservatório	L	359,22	359,16	359,84	359,22	179,77	0,00	130,60	27,79
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	g	0,10	0,01	0,02	0,048	0,105	0,01	0,02	0,04
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	g	0,75	1,05	1,10	1,04	0,709	1,01	1,07	1,00
MAP	g	18,82	42,82	4,84	36,76	14,07	38,61	3,30	33,62

(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>- sulfato de amônio; Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O- nitrato de cálcio; KNO<sub>3</sub>- nitrato de potássio; KCl- cloreto de potássio; CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O- sulfato de cobre; ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O- sulfato de zinco; MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O- sulfato de manganês; MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O- sulfato de magnésio; (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O- molibdato de amônio; H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>- ácido bórico; MAP- mono fosfato de amônio; FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernardes, UEDA e Castelane & Araujo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlan modificada, Bernardes modificada, Ueda modificada e Castelane & Araujo modificada, respectivamente.



## **Plantio da alface e calibração das soluções nutritivas**

As mudas da alface crespa foram produzidas em espuma fenólica semeando-se uma semente peletizada por cavidade; após a emergência da plântula (EP), a água de reservatório utilizada na irrigação foi substituída gradativamente pelas soluções nutritivas (33,33%, 66,66% e 100% a cada quatro dias); após 16 dias da EP as mudas foram transplantadas para os perfis definitivos.

Foram realizadas, diariamente, calibrações das soluções nutritivas que alimentavam as calhas, acrescentando água de reservatório e solução nutritiva esteque em função dos tratamentos de modo a manter o volume do reservatório em 17 L, uma condutividade elétrica de 1,5 dS m<sup>-1</sup> e o pH próximo à neutralidade, com a utilização de uma solução de NaOH ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1 mol L<sup>-1</sup>).

## **Análise dos Parâmetros de crescimento e produção da alface**

Em função dos tratamentos a alface foi avaliada aos 25 dias após o transplântio quanto aos seguintes parâmetros de crescimento: Diâmetro do caule (DCAU) e diâmetro da parte aérea (DPAE), obtidos através de medição direta com o auxílio de paquímetro digital e régua graduada, respectivamente, comprimento da raiz (CRAI) com auxílio de régua graduada, área foliar (AFOL) pelo método do disco foliar (Benicasa 1988) e número de folhas (NFOL), através de contagem do número de folhas comerciais partindo-se das folhas basais até a última folha aberta;

Os parâmetros de produção analisados foram: Fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e Fitomassa fresca da raiz (FFRA) com ajuda de uma balança semianalítica; fitomassa seca da parte aérea (FSPA) e fitomassa seca da raiz (FSRA) determinadas com auxílio de uma balança semianalítica após secagem prévia das amostras em estufa de circulação forçada de ar, a 60°C.

## **Análise estatística**

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade (Bartlett), e ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk). Com exceção do número de folhas, os parâmetros de crescimento e a produção foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 1 e 5% de probabilidade. Quando verificado efeito significativo na análise da

variância, as médias obtidas nos diferentes tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey até 5% de probabilidade. Para efeito de normalidade os dados de área foliar, fitomassa fresca da parte aérea e fitomassa seca da parte aérea, foram transformados em  $\log x$ ,  $\ln(x)$  e  $\frac{x^{0,32} - 1}{0,32}$ , respectivamente. Os dados de número de folhas não seguiram as pressuposições dos testes para serem submetidos à ANOVA. Portanto, as médias foram comparadas pela estatística não paramétrica de Kruskal e Wallis. Os softwares estatísticos utilizados neste trabalho foram o SISVAR (Ferreira, 2000) e o BIOSTAT 5.0 (Ayres et al., 2007).

## Resultados e Discussão

### Crescimento da alface crespa

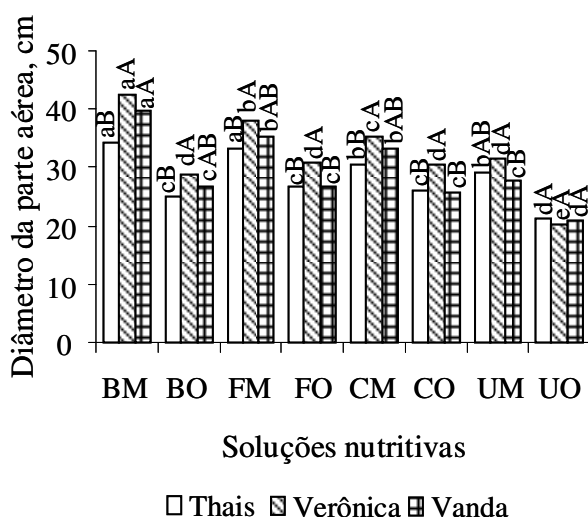
Verifica-se, através do quadro de análise de variância (Tabela 6), verifica-se interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre solução nutritiva (S) e cultivares (C) apenas para diâmetro da parte aérea; desta forma, e para efeito de discussão, considerou-se apenas o desdobramento entre tais fatores, ou seja, solução nutritiva dentro de cultivares e vice versa; as variáveis: comprimento da raiz (CRAI), diâmetro do caule (DCAU) e área foliar (AFOL) foram influenciadas ( $p < 0,01$ ) pelo efeito isolado das soluções nutritivas (S). Quanto ao fator cultivar, o mesmo influenciou o CRAI ( $p < 0,05$ ) e o DCAU ( $p < 0,01$ ).

**Tabela 6.** Análise de variância para diâmetro da parte aérea (DPAE), comprimento da raiz (CRAI), diâmetro do caule (DCAU) e área foliar (AFOL) em função das diferentes cultivares da alface crespa e soluções nutritivas

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		DPAE	CRAI	DCAU	AFOL <sup>1</sup>
Tratamento	23	100,07**	40,60**	16,61**	0,21**
Solução (S)	7	286,40**	120,43**	43,85**	0,668**
Bloco	2	34,00**	9,24 <sup>ns</sup>	7,17 <sup>ns</sup>	0,006 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	14	4,14	23,04	3,97	0,032
Cultivar (C)	2	99,08**	24,16*	22,12**	0,013 <sup>ns</sup>
S x C	14	7,04*	3,04 <sup>ns</sup>	2,20 <sup>ns</sup>	0,023 <sup>ns</sup>
Resíduo(b)	32	2,99	7,29	1,74	0,016
CVa (%)		6,79	28,13	14,72	5,11
CVb (%)		5,78	15,83	9,75	3,66
Média geral		29,97	17,06	13,55	3,54

\*Significativo ( $p < 0,05$ ); \*\* Significativo ( $p < 0,01$ ); <sup>ns</sup>Não significativo; cv = coeficiente de variação; <sup>1</sup> Dados transformados em  $\log(x)$ .

Com exceção da solução mineral de Ueda (UM), a cultivar Verônica apresentou as maiores médias de diâmetro da parte aérea (DPAE). Sem, no entanto, diferir estatisticamente da cultivar Vanda com a utilização da solução de Bernardes modificada (BO), e mineral de Furlani (FM) e Castelane & Araujo (CM) e da cultivar Thais com o uso da solução mineral de Ueda (UM). Também não foram verificadas diferenças significativas entre as cultivares Vanda e Thais, independentemente da solução utilizada (Figura 2). Trabalhando com sistema hidropônico e solução de Furlani (1995), Feltrim et al. (2005), obtiveram, em média, cultivando no inverno as alfaces Lorca, Lucy Brown, Tainá, Great Lakes, Madona e Mesa 659, um DPAE de 23,14 cm; já na estação de verão Feltrim et al (2009), registraram uma média de 24,34 cm para as seguintes alfaces crespa: Marisa, Verônica, Veneza Roxa e Vera. Esses valores, com exceção da solução de Ueda modificada (UO), são inferiores aos obtidos neste trabalho independentemente da cultivar utilizada.



**Figura 2.** Diâmetro da parte aérea da alface em função do desdobramento da interação entre soluções nutritivas minerais (M) e modificadas (O) de Furlani (F), Bernardes (B), Ueda (U) e Castelane & Araujo (C) e cultivares da alface crespa; médias seguidas de mesma letra minúscula as soluções não diferem entre si dentro da mesma cultivar e médias seguidas de mesma letra maiúscula as cultivares não diferem entre si dentro da mesma solução

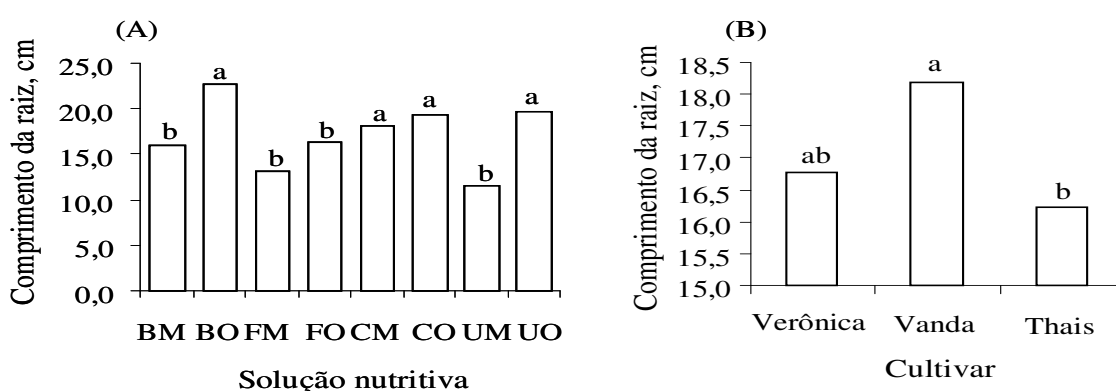
Ainda com relação à Figura 2 verifica-se, no desdobramento solução dentro de cada cultivar, que as maiores médias de diâmetro da parte aérea das três cultivares estudadas foram obtidas com a solução mineral de Bernardes (BM).

Comparando as soluções de mesma composição química entre si, ou seja, BM com BO, FM com FO e sucessivamente, constata-se superioridade das soluções

minerais em todas as cultivares. Em decorrência do fato de que, nas soluções modificadas, apesar destas apresentarem composição química semelhante às minerais, não disponibilizam totalmente seus nutrientes, estando uma parte na forma insolúvel e, conseqüentemente, indisponível para a planta.

O menor diâmetro médio verificado com o uso das soluções modificadas não representa tamanho nem aparência não comercial. Quando comparado à literatura, o DPAE médio verificado neste trabalho, que foi de 29,97 cm (Tabela 6), é superior ao citado por Luz et al. (2006) que, trabalhando com o sistema hidropônico e usando a solução de Furlani encontraram médias de 23,06; 27,22; 27,82 e 29,11 cm para os grupos: Americana (cultivares Tainá e Lucy Brown); Repolhuda-Manteiga (cultivares Elisa e Aurélia); Solta-Lisa (cultivares Regina e Uberlândia-10000) e Solta-Crespa (cultivares Vera e Verônica) respectivamente. Com exceção da UO, as soluções modificadas promoveram resultados de DPAE semelhantes aos encontrados por Blat et al. (2011) os quais, avaliando o desempenho de cultivares da alface em Ribeirão Preto, encontraram valores para o diâmetro da parte aérea de 23,2 cm; 24,1cm e 22,8cm para as cultivares Brasil 221, Maravilha das Quatro Estações e Brasil 303, respectivamente.

Avaliando a Figura 3A verifica-se que as soluções BO, CO, UO e CM apresentaram os maiores valores para comprimento de raiz (CRAI) diferindo estatisticamente das demais soluções nutritivas; os valores encontrados para CRAI com o uso dessas soluções são superiores aos encontrados por Monteiro Filho et al. (2014) e Maluf et al (2011), cujos valores foram de 16,5 e 18,09 cm, respectivamente.

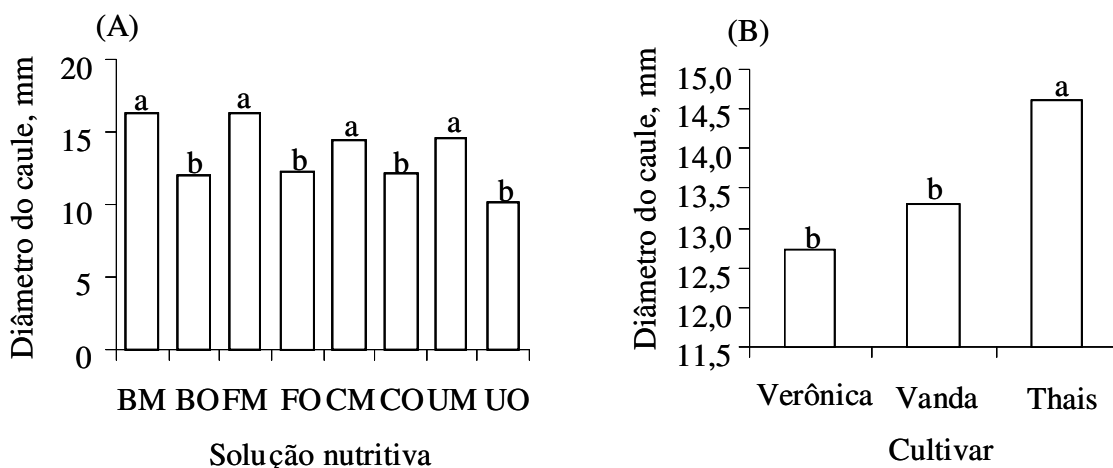


**Figura 3.** Comprimento da raiz em função do efeito isolado das soluções nutritivas minerais (A) de Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM) das soluções nutritivas modificadas de Bernardes (BO), Furlani (FO), Castelane & Araújo (CO) e Ueda (UO) e das cultivares (B)

Ainda com relação à Figura 3A, supõe-se que substâncias não minerais, como o ácido húmico, provenientes das soluções modificadas, tenham contribuído para o maior

comprimento de raízes nas plantas da alface. Silva et al (2000) concluíram, avaliando cultivo do azevém em hidroponia que o desenvolvimento das raízes dessa cultura foi estimulado pelas substâncias húmicas contidas nas soluções nutritivas. Averiguando a influência dos ácidos húmicos na produção de mudas da alface, Bezerra et al. (2007), verificaram um aumento de 26,2% no comprimento da raiz; já Silva & Jablonski, (1995) obtiveram, acrescentando substâncias húmicas na solução nutritiva incrementos de 240% na massa seca de raízes da alface, cv Babá-de-Verão. Em relação às cultivares (Figura 3B), observou-se que a Vanda e a Verônica apresentaram o maior comprimento de raiz, não diferindo esta última da cultivar Thais.

Os maiores diâmetros caulinares (DCAU) foram obtidos com o uso das soluções hidropônicas minerais que não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Figura 4A). Em relação às cultivares, o maior diâmetro foi obtido pela cultivar Thais, que diferiu estatisticamente das demais (Figura 4B).



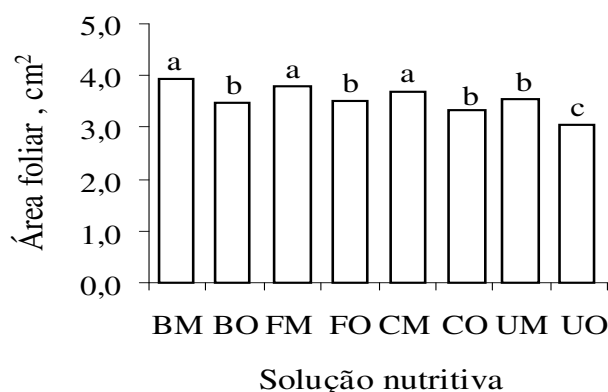
**Figura 4.** Diâmetro do caule em função do efeito isolado das soluções nutritivas minerais (A) de Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM), das soluções nutritivas modificadas de Bernardes (BO), Furlani (FO), Castelane & Araújo (CO), e Ueda (UO) e das cultivares (B)

Os valores de DCAU encontrados nesta pesquisa foram superiores à média de 9,4 mm relatado por Gonçalves et al. (2010), em trabalho realizado com níveis de adubação orgânica na cultura da alface com sistema de irrigação localizada por gravidade; já Mota et al. (2001), obtiveram valores variando entre 26 e 29,1 mm sob efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção da alface em cultivo protegido. Quanto à utilização de produtos de origem orgânica na nutrição da alface, Santi et al. (2013), avaliaram o desempenho agrônomico da alface fertilizada com torta

de filtro (resíduo da indústria sucroalcooleira) em ambiente protegido e encontraram valores de 18, 17 e 16 mm para as cultivares Rafaela, Júlia e Taina, respectivamente. Esses resultados são superiores aos encontrados nesta pesquisa com as cultivares Thais, Vanda e Verônica. Galon (2012), encontrou, avaliando o desempenho produtivo da alface sob cultivo hidropônico, valores de diâmetro caulinar de 15,9; 15,9; 13,0 e 9,0 mm para as cultivares Vitória de Santo Antão, Baba de verão, Salad bowl e Rubi, respectivamente, semelhantes aos encontrados nesta pesquisa.

Além do ponto de vista agrônomo, o diâmetro caulinar é um importante parâmetro para a indústria de processamento. Segundo Bueno (1998), o comprimento e o diâmetro caulinar são duas características de relativa importância para a cultura da alface uma vez que são indesejáveis caules de maior diâmetro. Mota et al. (2002) ressaltam que empresas de *fastfood* dão preferência às plantas que apresentam facilidade na retirada do caule, visto que este é retirado manualmente para posterior fatiamento da cabeça.

Os valores não transformados da área foliar foram: 8885,19; 6502,70; 3283,87; 2410,39; 1205,67; 5206,27; 3758,93 e 3164,03 cm<sup>2</sup> com a utilização das soluções BM, BO, FM, FO, CM, CO, UM e UO respectivamente (Figura 5). As maiores áreas foliares foram verificadas com as soluções minerais de BM, FM e CM, já a solução de UM não diferiu estatisticamente das soluções BO, FO, e CO. Esses resultados corroboram os de Dias et al. (2009), que verificaram menores médias com a substituição da solução nutritiva por biofertilizante.

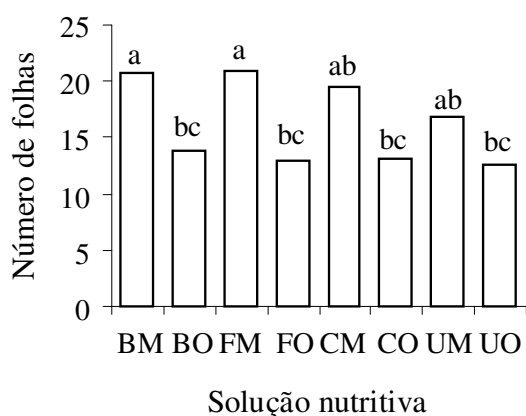


**Figura 5.** Área foliar da alface em função das soluções minerais de Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM) e das soluções nutritivas de Bernardes modificada (BO), Furlani modificada (FO), Castelane & Araújo modificada (CO) e Ueda modificada (UO).

É importante salientar que o diâmetro do caule se correlaciona com a área foliar, ou seja, com a área transpiratória, pois o maior diâmetro caulinar está relacionado a uma

vascularização maior da planta e, conseqüentemente também, maior área foliar. Esta correlação pode ser verificada nesta pesquisa, em que as soluções que proporcionaram maior diâmetro caulinar também proporcionaram maior área foliar, corroborando Helbel Junior et al. (2007) e Helbel Junior et al. (2008).

Quanto ao número de folhas por planta (NFOL) demonstrado na Figura 6, os maiores valores foram obtidos com a utilização das soluções BM e FM, não diferindo estatisticamente das soluções CM e UM, que também não diferiram de nenhuma das soluções modificadas avaliadas nesta pesquisa. O NFOL obtido neste trabalho é inferior a média de 27 folhas relatada por Magalhães et al. (2010) avaliando o desempenho de cultivares da alface em cultivo hidropônico sob dois níveis de condutividade elétrica. Magalhães et al. (2005), encontraram, pesquisando linhagens e cultivares da alface sob cultivo hidropônico usando a solução nutritiva de Furlani, média de 38,7 folhas por planta.



**Figura 6.** Número de folhas em função das soluções nutritivas minerais de Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM) e das soluções nutritivas de Bernardes modificada (BO), Furlani modificada (FO), Castelane & Araújo modificada (CO), e Ueda modificada (UO). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Dunn, a nível de significância ( $\alpha = 0,05$ ),  $H = 53,95$

Fernandes et al. (2002), obtiveram, estudando a produtividade de cultivares da alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes, o total de folhas de 39,6 e 29,5 para as cultivares Baba de verão e Regina e 13,36 para a cultivar Grandes lagos. Os menores números de folhas verificados neste trabalho podem ser justificados pelas temperaturas acima da recomendada para a cultura da alface registrada no ambiente de cultivo durante toda a condução do experimento (Figura 1).

Embora o número de folhas seja uma característica da cultivar, temperaturas elevadas podem estimular o florescimento precoce da planta (NAGAI, 1980), Martinez

(2006), afirma que a temperatura ideal para a cultura da alface está compreendida entre 15 e 25 °C. Valores mais elevados podem acelerar o ciclo da cultura, resultando em plantas menores cujas condições críticas para o desenvolvimento da alface são observadas com valores superiores a 30 °C (Filgueira 2008; Rodrigues, 2002).

Ainda com relação à Figura 6, valores semelhantes aos desta pesquisa foram divulgados por Tavares & Junqueira (1999) para a cv. Verônica, cujos valores médios foram de 18,92; 12,16 e 9,52 folhas por planta cultivada hidroponicamente com os substratos: casca de arroz, brita e seixo, respectivamente. Os autores ainda relatam que o menor desenvolvimento ocorrido com o uso da brita e do seixo pode estar associado ao menor tempo de exposição das raízes à solução nutritiva, tendo em vista que referidos substratos têm baixa capacidade de retenção de umidade.

A utilização de soluções nutritivas contendo biofertilizante também é relatada como fator importante, capaz de influenciar negativamente o desempenho produtivo da alface hidropônica. Dias et al. (2009), concluíram, trabalhando com solução nutritiva composta por níveis crescentes de biofertilizante (0, 25, 50, 75 e 100%), que os melhores resultados foram obtidos com 0% de biofertilizante na solução nutritiva porém diferentes cultivares podem apresentar respostas semelhantes quando fertirrigadas com soluções contendo biofertilizante na sua constituição, fato este constatado por Costa et al. (2006), que, avaliando o desenvolvimento de duas cultivares da alface com solução nutritiva mineral e solução nutritiva à base de biofertilizante, observaram que o número de folhas da cultivar Baba de verão foi superior ao da Grand Rapids quando se utilizou a solução mineral; entretanto, o mesmo comportamento não foi verificado com o uso da solução à base de biofertilizante, não diferindo suas médias entre si.

### **Produção da alface crespa**

De acordo com o quadro de análise de variância (Tabela 7), as soluções nutritivas influenciaram ( $p < 0,01$ ) todos os parâmetros de produção, e a fitomassa fresca da raiz também apresentou diferenças significativas pelo teste F ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares.

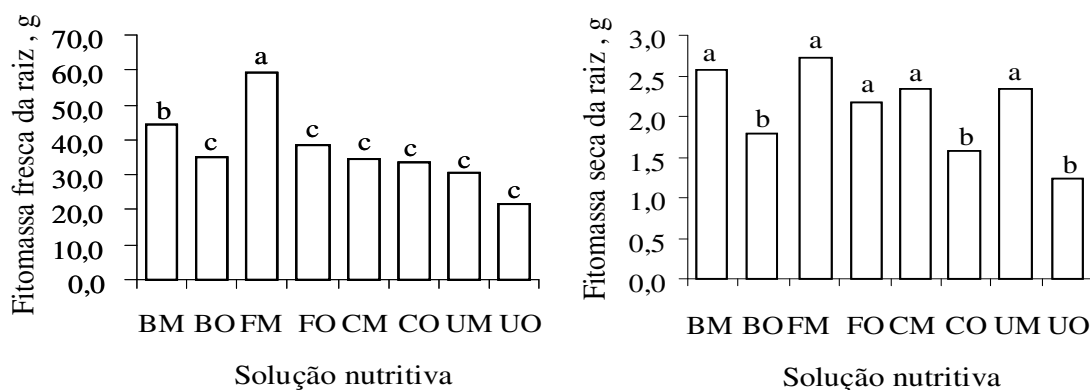


**Tabela 7.** Análise de variância para fitomassa fresca da raiz (FFRA), fitomassa seca da raiz (FSRA), fitomassa fresca da parte aérea (FFPA) e fitomassa seca das folhas (FSPA) em função das diferentes cultivares de alface crespa e soluções nutritivas

Fonte de variação	GL	Quadrado médio			
		FFRA	FSRA	FFPA <sup>1</sup>	FSPA <sup>2</sup>
Tratamento	23	364,19**	0,94**	0,93**	2,32**
Solução (S)	7	1098,36**	2,36**	2,95**	7,15**
Bloco	2	96,41 <sup>ns</sup>	1,83 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>
Resíduo (a)	14	157,53	0,53	0,12	0,15
Cultivar (C)	2	121,68*	0,16 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>
S x C	14	31,75 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>
Resíduo(b)	32	27,41	0,22	0,03	0,29
CVa (%)		33,82	34,77	7,56	14,56
CVb (%)		14,11	22,63	3,90	20,03
Média geral		37,10	2,09	4,61	2,71

\*Significativo (p < 0,05); \*\*Significativo (p < 0,01); <sup>ns</sup>Não significativo; CV = coeficiente de variação; <sup>1</sup>e <sup>2</sup>Dados transformados em  $\ln(x)$  e  $\frac{x^{0,32} - 1}{0,32}$ , respectivamente.

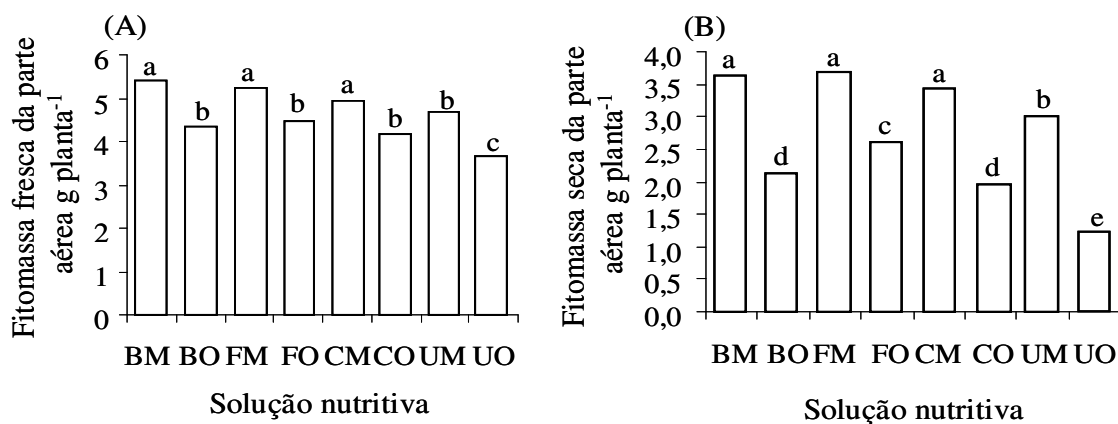
A utilização das soluções de Furlani (FM) e Bernardes (BM) mineral promoveu a maior fitomassa fresca da raiz (FFRA); no entanto, suas médias diferem entre si sendo que os menores resultados foram registrados com a utilização das demais soluções nutritivas (Figura 7A). Ainda com relação à FFRA, quando comparadas às soluções de mesma composição química entre si, ou seja, BM com BO, FM com FO e assim sucessivamente, verifica-se uma superioridade das soluções minerais. Tal resultado contradiz com o que foi observado anteriormente para o comprimento da raiz. A justificativa pode estar associada à presença de compostos orgânicos, a exemplo de ácidos húmicos nas soluções modificadas. Segundo Silva et al. (2000), substâncias húmicas estimulam o alongamento e a diminuição da espessura das raízes; assim e apesar de apresentarem maior comprimento, as raízes das plantas submetidas às soluções modificadas apresentaram menor fitomassa fresca da raiz.



**Figura 7.** Fitomassa fresca (A) e seca (B) da raiz da alface em função das diferentes soluções nutritivas minerais de Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM) e das soluções nutritivas de Bernardes modificada (BO), Furlani modificada (FO), Castelane & Araújo modificada (CO), e Ueda modificada (UO)

Conforme observado na Figura 7B, os menores resultados de fitomassa seca das raízes (FSRA) foram obtidos com o uso das soluções modificadas de BO, CO e UO. O maior teor de umidade (95,39%) verificado na raiz da alface fertirrigada com a solução de Furlani mineral (FM) influenciou para que não houvesse diferença significativa da FSRA entre essa solução e as de BM, FO, CM e UM. Segundo Schmidt et al. (2001), plantas submetidas a soluções mais concentradas acumulam mais água e, conseqüentemente, apresentam menor matéria seca. Comparando as soluções de mesma composição química entre si verifica-se, então, como na FFRA, superioridade das soluções minerais. Tal resultado contradiz Shinohara et al. (2011) que reportam, em sistema hidropônico fitomassa seca da raiz da alface significativamente maior com a utilização de solução orgânica quando comparada com a solução mineral.

As soluções minerais de BM, FM e CM promoveram as maiores fitomassas fresca da parte aérea (FFPA), cujas médias não transformadas corresponderam a 223,50; 190,20 e 145,80 g, respectivamente. Com a utilização da solução mineral de UM e das soluções modificadas de FO, BO e CO não foi observada diferença significativa para FFPA cujas médias foram 108,31; 88,83; 77,75 e 69,48 g, respectivamente. A solução UO foi a que promoveu a menor produção, equivalente a 40,21 g planta<sup>-1</sup> (Figura 8A). A menor FFPA observada com o uso das soluções modificadas está relacionada ao número de folhas, em que as médias foram inferiores quando comparadas com as soluções nutritivas minerais. Dias et al. (2009), também contataram decréscimos relativos na fitomassa fresca da parte aérea com a substituição da solução mineral pelo biofertilizante; contudo, e ainda segundo os autores, foi inexistente a presença de sintomas que pudessem depreciar o preço de venda da alface.



**Figura 8.** Fitomassa fresca (A) e seca (B) da parte aérea da alface em função das soluções nutritivas minerais de Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM) e das soluções nutritivas de Bernardes modificada (BO), Furlani modificada (FO), Castelane & Araújo modificada (CO), e Ueda modificada (UO)

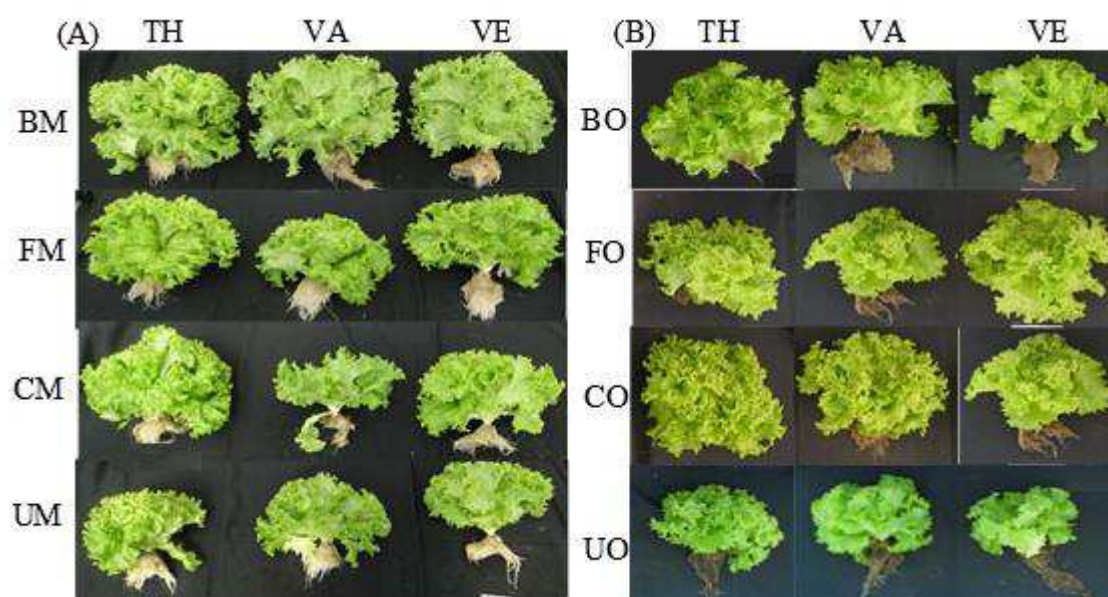
Os resultados de FFPA obtidos neste trabalho corroboram Sanchez (2007) e Blat et al. (2011), que obtiveram, em cultivo hidropônico, uma produção de 118,72 e 179,20 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente; no entanto, são inferiores aos 339,55g encontrados por Alves et al. (2011) e aos 359,60 g planta<sup>-1</sup> produzidos por Paulus et al. (2010), também em cultivo hidropônico com a solução de Furlani. Esta superioridade pode estar associada à temperatura registrada no interior da casa de vegetação, cuja máxima foi superior a 30°C durante quase toda a condução do experimento. Caron et al. (2003) explicitam que o excesso de radiação pode ser prejudicial ao acúmulo de fitomassa pela alface, através da diminuição da conversão de energia solar em energia química. O desempenho promovido pela solução de FO também foi satisfatório uma vez que Dias et al. (2009) obtiveram uma produção de 98,69 g planta<sup>-1</sup> com a solução de Furlani mineral.

Ainda com relação à Figura 8A, já eram esperados maiores rendimentos de FFPA com a utilização das soluções de Furlani, Bernardes e Catelane & Araújo, em função da sua maior concentração nutricional. Avaliando o desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface em hidroponia, os autores Schmidt et al. (2001), relatam as soluções de Castellane & Araujo e Furlani como as mais eficientes na produção da alface, já Ohse et al. (2001) não recomendam a solução de Ueda por aumentar em demasia a produção de massa de matéria seca e, com isso, o valor calórico, o teor de extrato etéreo e o teor de fibras, depreciando a qualidade do produto final. Esses autores ainda recomendam as soluções de Castellane & Araújo, Furlani ou Bernardes, uma vez que mantiveram a qualidade nutricional da alface semelhante à produzida no solo quanto aos seguintes parâmetros: teor de proteína, extrato etéreo, fibra e resíduo mineral, apresentando menor valor calórico.

Comparando as soluções composição química similar, verifica-se uma FFPA menor com a utilização das soluções nutritivas modificadas. A justificativa pode estar associada à adsorção de nutrientes por compostos orgânicos fazendo com que o fornecimento dos nutrientes necessários para o desenvolvimento das plantas não fosse equivalente aquele produzido com as soluções minerais. O ajuste da condutividade elétrica (CE) das soluções nutritivas durante a condução do experimento também evidencia adsorções de nutrientes visto que, em relação às minerais, para se manter a CE em 1,5 dS m<sup>-1</sup> se acrescentavam maiores volumes de solução estoque organomineral. Tal informação corrobora Monteiro Filho et al. (2014). Em trabalho realizado por Dias et al (2009), a substituição parcial e/ou total da solução mineral por

biofertilizante foi considerada inviável. Segundo os autores, a liberação lenta dos íons do complexo de troca provenientes de substâncias orgânicas ainda em processo de mineralização e o baixo teor nutricional dos biofertilizantes, foram as razões para uma redução de 95,59% na massa fresca da parte aérea com o tratamento 100% de biofertilizante em relação ao 100% mineral de Furlani.

Com relação ao suprimento de nutrientes, não foram observados, neste trabalho sintomas de deficiência nutricional na alface, independente da solução e da cultivar utilizada, de maneira a desqualificá-la, do ponto de vista comercial (Figura 9).



**Figura 9.** Resposta qualitativa das cultivares Thais (TH), Vanda (VA) e Verônica (VE) submetidas a diferentes soluções nutritivas minerais: Bernardes (BM), Furlani (FM), Castelane & Araújo (CM) e Ueda (UM) e a diferentes soluções nutritivas modificadas: Bernardes (BO), Furlani (FO), Castelane & Araújo (CO), e Ueda (UO).

Do ponto de vista nutricional, algumas informações são relevantes quanto ao uso das soluções nutritivas organominerais. O nitrogênio (N) é um elemento essencial para o crescimento das plantas em sistemas hidropônicos, uma vez que a absorção desse nutriente ocorre principalmente na forma de nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Assim, não é aconselhável que o mesmo se encontre com concentração inferior a 80% na solução nutritiva (Martinez, 2006). De acordo com Wang et al. (2008), o  $\text{NO}_3$  estimula o crescimento da folha e é regulador osmótico no vacúolo. A limitação mais comum no crescimento das plantas resulta da deficiência de N, sendo que a redução do seu suprimento na solução nutritiva influencia negativamente a síntese de enzimas, o teor de clorofila e a fotossíntese (Panuccio et al. 2001). No presente estudo as soluções estoque foram

preparadas para um volume de 360 L (Tabela 5). Considerando as soluções modificadas, apenas a de Bernardes (BO) não apresentou água de reservatório na sua constituição. Para as demais soluções modificadas a relação entre as formas amoniacais e nítricas ( $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ) limitou o acréscimo de maiores volumes de biofertilizante cuja concentração de  $\text{NH}_4^+$  correspondeu a 99,95; 99,97; 99,97 e 99,97% do N total nos biofertilizantes de Ueda, Castelane & Araújo, Furlani e Bernardes, respectivamente (Tabela 4), evidenciando a ineficiência do processo de nitrificação do N durante a biodegradação da matéria orgânica; desta forma e para manter a concentração de  $\text{NO}_3^-$  próximo a 80%, foi necessário acrescentar, na constituição das soluções modificadas, os seguintes fertilizantes: nitrato de cálcio e de potássio (Tabela 5).

Em relação aos fertilizantes inorgânicos os nutrientes provenientes de adubos orgânicos são tipicamente componentes de moléculas complexas, a exemplo de proteínas que carecem ser decompostas nos seus elementos constituintes antes de serem absorvidos pelas plantas (Williams et al. 2013). Além de esterco bovino as soluções modificadas utilizadas neste trabalho apresentavam, em sua constituição, o sangue de aves e leite (Tabela 2), ingredientes ricos em proteína que, provavelmente, não foram totalmente decompostos durante o processo de biodegradação, o que também contribuiu para uma FFPA menor em relação às soluções minerais. Wang et al. (2008) substituíram 20% do N na solução nutritiva com 20 diferentes aminoácidos e concluíram que apenas o tratamento com arginina aumentou significativamente os pesos frescos e secos da parte aérea da couve-da-malásia (*Brassica chinensis* L.) em comparação com o tratamento controle (100% de N na forma de  $\text{NO}_3^-$ ). É oportuno frisar que a forma predominante do nitrogênio nos adubos orgânicos é a  $\text{NH}_4^+$ , sendo necessário, antes de ser injetado no sistema hidropônico, sofrer oxidação a nitrito e este, a nitrato (Evanylo & McGuinn, 2009; Sanchez & Richard, 2009; Treadwell et al, 2007). Portanto, para alcançar melhores resultados com soluções orgânicas em sistemas hidropônicos é essencial promover meios para a ação de microrganismos decompositores e nitrificadores no biofertilizante (Evanylo & McGuinn, 2009; Succop & Newman, 2004; Treadwell et al., 2007). Sabe-se que é possível nitrificar soluções orgânicas; Shinohara et al. (2011), inocularam cepas de microrganismos aeróbios em uma solução à base de peixe e verificaram que os mesmos nitrificaram a  $\text{NH}_4^+$  para  $\text{NO}_3^-$  com um rendimento de 97,6%; contudo, este resultado foi alcançado após ajustar o quantitativo do inoculante em função da concentração da solução nutritiva. Em trabalho realizado por Andrade et al. (2010), para avaliar a influência de nitrogênio amoniacal e a vazão de ar

no processo de nitrificação de efluente de abatedouro de peixe, os autores verificaram que a percentagem de conversão a nitrato apresentou valores extremos de 53,4 e 86% porém, os melhores valores de conversão, com média de 85%, foram obtidos quando em condições de concentração de nitrogênio amoniacal de 70 mg L<sup>-1</sup> e com vazão de ar de 2 L min<sup>-1</sup>. A ausência de nitrificação das soluções modificadas verificada neste trabalho e evidenciada pela elevada concentração de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Tabela 4), pode ter sido decorrente de vários fatores, entre eles o monitoramento inadequado da temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), excesso de carga orgânica expressa em kg O<sub>2</sub>/kg DBO durante o processo de biodegradação e relação C/N inapropriada para a atuação de microrganismos nitrificantes.

Ainda com relação às soluções modificadas, os nutrientes provenientes do biofertilizante diminuíram o uso de fertilizantes minerais durante o preparo das soluções nutritivas. As maiores reduções ocorreram, quanto aos micronutrientes, a exemplo do ferro (Fe), suprido 100% de forma orgânica. Esta informação é importante uma vez que este elemento é essencial para a síntese de clorofila fazendo parte de citocromos portadores de elétrons na fotossíntese e na respiração (Resh, 2001). Além do mais, sua translocação para as folhas ocorre quando o mesmo apresenta-se complexado e, mesmo sem apresentar cloreto de ferro mais EDTA (quelatante) na sua constituição; este elemento foi fornecido às plantas provavelmente complexado a compostos orgânicos, tais como: álcoois, ésteres, diquetonas e aldeídos (Moruzzi & Reali, 2012).

Quanto à fitomassa seca das folhas (FSPA), apresentou comportamento semelhante à FFPA, ou seja, as soluções nutritivas minerais e modificadas promoveram as maiores e menores médias, respectivamente (Figura 8B). Em ordem decrescente os valores não transformados corresponderam a: 11,48; 11,31; 10,09; 8,23; 6,62; 5,10; 4,77 e 2,82 g com o uso das soluções de FM, BM, CM, UM, FO, BO, CO e UO, respectivamente.

É possível afirmar que a redução da produção das plantas com a utilização das soluções modificadas, é proveniente da adsorção de nutrientes pelos compostos orgânicos, liberando-os de forma lenta e progressiva, para as plantas. Tal fato se justifica ao se comparar a FSRA (Figura 7B) com a FSPA (Figura 8B) com a utilização da solução de FO que, no primeiro caso, não diferiu das minerais, não se verificando o mesmo comportamento para a FSPA. Os resultados obtidos neste trabalho são semelhantes aos observados na literatura. Paulus et al. (2010), encontram valores de 15g de FSPA da alface cultivar Verônica. Brum et al. (2011) e Luz et al. (2008), registraram

valores médios de 5,11g e 6,33g por planta, respectivamente. Em cultivo hidropônico com soluções nutritivas à base de biofertilizante, Dias et al. (2009), obtiveram médias de 0,52; 0,84; 1,61 ; 2,92 e 6,71 g por planta nos tratamentos 100, 75, 50, 25 e 0% de biofertilizante na constituição da solução nutritiva.

### **Conclusões**

1. Com exceção do comprimento da raiz, as soluções minerais de Bernardes, Furlani e Castelane & Araújo, promoveram os melhores resultados de crescimento e produção.
2. Entre as soluções nutritivas modificadas os melhores foram obtidos com uso da solução de Furlani.
3. Em todas as soluções avaliadas a cultivar Verônica se destacou quanto ao diâmetro da parte aérea.
4. Independente da solução nutritiva, não se verificou carência nem toxidez visual na alface.

### **Recomendação**

Os resultados obtidos neste trabalho sugerem novos estudos visando adicionar cepas de microrganismos específicos para nitrificar o nitrogênio em soluções organominerais, e relacionar sua concentração sobre o desenvolvimento radicular e a produção da alface hidropônica.

### **Referências Bibliográficas**

- Alencar, T. A. S.; 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**, 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, n.5, p.491–498, 2011.

- Ayres M.; Ayres Junior, M.; Ayres, D. L.; Santos, A. S.. Bioestat 5.0 - Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. ONG Mamiraua, Belém, PA. 364p. 2007.
- Andrade, L.; Kummer, A. C. B.; Fazolo, A.; Dasmaceno, S.; Hasan, S. D. M. Influência de nitrogênio amoniacal e vazão de ar no processo de nitrificação, etapa de tratamento de efluente de abatedouro de peixe. **Engenharia. Agrícola.**, v.30, n.1, p.160-167, 2010.
- Araújo, J. S.; Andrade A. P. de.; Ramalho, C .I.; Azevedo, C. A. V. de. Características de frutos de pimentão cultivado em ambiente protegido sob doses de nitrogênio via fertirrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n. 2, p.152-157, 2009.
- Benincasa, M. M. P. **Análises de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP' 1988. 42p.
- Bernardes, L. J. H. Hidroponia da alface: uma história de sucesso. São Paulo: Estação Experimental de Hidroponia "Alface e Cia", 1997. 135p.
- Bezerra, P. S. G.; Grangeiro, L. C.; Negreiros, M. Z.; Medeiros, J. F. Utilização de bioestimulante na produção de mudas de alface. **Científica**, v. 35, n.1, p.46 – 50, 2007.
- Blat, S. F.; Sanchez, S. V; Araujo, J. A. C.; Bolonhezi, D. Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.1, p. 135-138. 2011.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Divisão de agrologia – SUDENE. 1971. **Levantamento exploratório**. Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Rio de Janeiro: 1971. p. 670. (Boletim Técnico, 15).



- Brum, B.; Lopes, S. J.; Torck, L. S.; Silveira, T. R.; Toebe, M.; Santos, P. M. Tamanho da semente e acúmulo de fitomassa seca de folhas de alface hidropônica em duas épocas de cultivo. **Científica**, v.39, n.1/2, p.64–68, 2011.
- Bueno, C. R. **Adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a alface americana em ambiente protegido**. Lavras: UFLA, 1998. 54 p. Dissertação Mestrado.
- Caron, B. O.; Medeiros, S. L. P.; Manfron, P. A.; Schmidt, D.; Pommer, S. F.; Bianchi, C. Influencia da temperatura do ar e radiação solar no acúmulo de fitomassa da alface. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.11, n.2, p.275-283, 2003.
- Castellane, P. D.; Araújo, J. C. **Cultivo sem solo - Hidroponia**. SOB Informa, v.13, p.28-29, 1994.
- Costa, N. E.; Ribeiro, M. C. C.; Lima, J. S. S.; Cardoso, A. A.; Oliveira, G. L. Utilização de biofertilizante na alface para o sistema hidropônico floating. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.1, n. 2, p.41-47, 2006.
- Cupini, D. M.; Zotti, N. C.; Leite, J. A. O. Efeito da irrigação na produção da cultura de alface (*Lactuca sativa* L.), variedade "Pira Roxa" manejada através de "Tanque Classe A" em ambiente protegido. **Perspectiva**, v.34, n. 137, p.53-61, 2010.
- Dias, N. S.; Brito, A. F.; Sousa Neto, O. N.; Lira, R. B.; Brito, R. F. Produção de alface hidropônica utilizando biofertilizante como solução nutritiva. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.4, p.158-162, 2009.
- Evanylo, G.; R. Mcguinn.. **Agricultural management practices and soil quality: measuring, assessing, and comparing laboratory and field test kit indicators of soil quality attributes**. Communications and marketing, College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University. Virginia Cooperative Extension Publication 452-400, 9 p, 2009.

- Feltrim, A. L.; Cecílio Filho, A. B.; Branco, R. B. F.; Barbosa, J. C.; Salatiel, L. T. Produção de alface americana em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.505-509, 2005.
- Feltrim, A. L.; Cecílio Filho, A. B.; Rezende, B. L. A.; Branco, R. B. F. Produção de alface-crespa em solo e em hidroponia, no inverno e verão, em Jaboticabal – SP. **Científica**, Jaboticabal, v.37, n.1, p.9 – 15, 2009.
- Fernandes, A. A.; Martinez, H. E. P.; Pereira, P. R. G.; Fonseca, M. S. M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira**, v.20, n. 2, p.195-200, 2002.
- Ferreira, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 45. São Carlos, 2000. **Anais...** São Carlos, UFSCar, 2000. p.255-258. CD- Rom.
- Filgueira, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV. 421p. 2008.
- Furlani, P. R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: IAC, 1995. 18p. (Documentos, 55).
- Galon, K. **Avaliação do desempenho de cultivares de alface em cultivo hidropônico e panorama da hidroponia no estado do Espírito Santo**. Alegre: U.F.E.S, 2012. 91p. Dissertação Mestrado.
- Gonçalves, F. M.; Gomes Filho, R. Carvalho, C. M.; Feitosa, H. O.; Leite, K. N.; Sousa, A. E. C. Níveis de adubação orgânica para o cultivo da alface utilizando sistema de irrigação localizada por gravidade. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.1, p.3-13, 2010.

- Helbel Junior, C.; Rezende, Frizzone, R. J. A.; Santos, H. S.; Dallacort, R. Produção hidropônica da cultura da alface com soluções nutritivas e vazões distintas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 29, n. 3, p. 391-395, 2007.
- Helbel Junior, C.; Rezende, R.; Frizzone, J. A.; Freitas, P. S. L.; Gonçalves, A. C. A. Influência da condutividade elétrica, concentração Iônica e vazão de soluções nutritivas na produção de alface hidropônica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1142-1147, 2008.
- Lovatto, P. B.; Watthier, M.; Schiedeck G.; Schwengber, J. E. Efeito da urina de vaca como biofertilizante líquido na produção orgânica de mudas de couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*). **Horticultura brasileira**, v.29, n. 2, p. 4571- 4577, 2011.
- Luz, G. L.; Medeiros, S. L. P.; Manfron, P. A. Borcioni, E.; Müller, L.; Amaral A. D.; Morais, K. P. Consumo de energia elétrica e produção de alface hidropônica com três intervalos entre irrigações. **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.815-818, 2008.
- Luz, J. M. Q.; Guimarães, S. T. M. R.; Korndörfer, G. H. Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.3, p.295-300, 2006.
- Magalhães, A. G; Menezes D; Resende Lv; Bezerra Neto E. Desempenho de cultivares de alface em cultivo hidropônico sob dois níveis de condutividade elétrica. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 316-320. 2010.
- Magalhães Ag; Mesquita Jcp; Menezes D; Resende Lv; Melo Ro. 2005. Linhagens e cultivares de alface de folhas lisas sob cultivo hidropônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 45. **Anais...** Fortaleza: SOB (CD-ROM).
- Maluf, G. E. G. M.; Paula, A. C. C. F. F.; Leite, P. C.; Alvarenga, A. A.; Maluf, H. J. G. M. Efeito da iluminação noturna complementar a 18 cm de altura no crescimento de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.). In: Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG, 6, 2011, Jornada Científica, 4, 2011, Bambuí. **Anais...** Bambuí: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2011. CD-Rom.

- Martinez, H. E. P. **Manual prático de hidroponia**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 271p.
- Monteiro Filho, A. F.; Pereira, G. L.; Azevedo, M. R. Q. A.; Fernandes, J. D.; Azevedo, C. A. V. Cultivo hidropônico de cultivares de alface em soluções nutritivas organominerais otimizadas com a ferramenta SOLVER. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.417–424, 2014.
- Moruzzi, R. B.; Reali, M. A. P. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial - Uma abordagem geral. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v.4, n. 1, p.29-43, 2012.
- Mota, J.H.; Yuri, J.E.; Freitas, S.A.C.De.; Rodrigues, J.C.; Resende, G.M.De.; Souza, R.J. de. Comportamento de cultivares de alface americana quanto à queima dos bordos (“tip-burn”) na região Sul de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, julho, 2002. Suplemento 2.
- Mota, J. H.; Souza, R. J.; Silva, E. C.; Carvalho, J. G.; Yuri, J. E. Efeito do cloreto de potássio via fertirrigação na produção de alface americana em cultivo protegido. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 3, p. 542-549, 2001.
- Nagai, H. Obtenção de novos cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.) resistentes ao mosaico e ao calor Brasil 303 e 311. **Revista de Olericultura**, v.18, p.14-21, 1980.
- Ohse, S.; Dourado Neto, D.; Manfron, P. A.; Santos, O. S. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 1, p. 181-185, 2001.
- Panuccio, M. R.; Muscolo, A.; Nardi, S. Effect of humic substances on nitrogen uptake and assimilation in two species of Pinus. **Journal of Plant Nutrition**, v.24, n. 5, p.623-704. 2001.
- 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.; 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, n.1, p. 110-117, 2012.
- Potrich, A. C. G.; Pinheiro, R. R.; Schmidt, D. Alface hidropônica como alternativa de produção de alimentos de forma sustentável. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p. 36-48, 2012.
- Resh, H. M. **Hydroponic Food Production**. Woodbridge Press Publishing Company. Santa Barbra, CA 93012. 2001.
- Ribeiro, K.; Ferreira, E.; Costa, M.S. S. M.; Gazolla, D.; Szimanski, C. Uso de biofertilizante no cultivo de alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p. 1600-1603, 2007.
- Rodrigues, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep, 2002. 762p.
- Sanchez, E. S.; Richard, T. L. **Using organic nutrient sources**. The Pennsylvania State University, Ag Communications and Marketing publication, UJ256, 15p. 13 Mar. 2009.
- Sanchez, S. V. **Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT 125 em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP)**. Jaboticabal: UNESP. 63 p. Dissertação mestrado, 2007.
- Santi A; Scaramuzza Wlmp; Neuhaus A; Dallacort R; Krause W; Tieppo Rc. Desempenho agrônômico de alface americana fertilizada com torta de filtro em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 338-343. 2013.
- 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, n. 4, p.609-612, 2011.

- Sarmiento, J. D. A. \*, Morais P. L. D. 3, Almeida, M L. B., De Sousa Neto, O. N. 5  
Dias, N. S. Qualidade e conservação da alface cultivada com rejeito da  
dessalinização, **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 90 – 97, 2014.
- Schmidt, D.; Santos, O. S.; Bonnacarrère, R. A. G; Mariani, O. A.; Manfron, P. A.  
Desempenho de soluções nutritivas e cultivares de alface em hidroponia.  
**Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 2, p. 122-126, 2001.
- Shinohara, M.; Aoyama, C.; Fujiwara, K.; Watanabe, A.; Ohmori, H.; Uehara, Y.;  
Takano, M. Microbial mineralization of organic nitrogen into nitrate to allow the  
use of organic fertilizer in hydroponics, **Soil Science and Plant Nutrition**, n. 57, n.  
2, p. 190-203, 2011.
- Silva, R. M.; Jablonski, A.; Siewerdt, L.; Silveira Júnior, P. Desenvolvimento das raízes  
do azevém cultivado em solução nutritiva completa, adicionada de substâncias, sob  
condições de casa de vegetação. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 29, n. 6, p.  
1623-1631, 2000.
- Silva, R. M.; Jablonski. A. Uso de ácidos húmicos e fúlvicos em solução nutritiva na  
produção de alface. **EGATEA: Revista da Escola de Engenharia**, v. 23, n. 2, p.  
71-78, 1995.
- Succop, C. E.; Newman, S. E.. Organic fertilization of fresh market sweet basil in a  
greenhouse. **Hort Technology**, v.14, n.2, p. 235-239. 2004.
- Tavares, H. L.; Junqueira, A. M. R. Produção hidropônica de alface cv. Verônica em  
diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 240-243, 1999.
- Treadwell, D. D.; Hochmuth, G. J.; Hochmuth, R. C.; Simonne, E. H.; Davis, L. L.;  
Laughlin, W. L.; Li, Y.; Olczyk, T.; Sprenkel, R. K.; Osborne, L. S. Nutrient  
management in organic greenhouse herb production: Where are we now?. **Hort  
Technology**, v. 17, n.4, p.461-466. 2007.
- Ueda, S. Hidroponia: guia prático. São Paulo: Agrocasa-de-Vegetação, 1990.

Wang, Q.; Bai, Y.; Gao, H.; He, J.; Chen, H.; Chesney, R. C; Kuhn, N. J.; Soil chemical properties and microbial biomass after 16 years of no-tillage farming on the Loess Plateau, China. **Geoderma**, v. 144, n. 4, p. 502–508, 2008.

Williams, K.A., Francescangeli, O.; Nelson, J. Using organic fertilizers in hydroponics and recirculating culture. GPN (Greenhouse Product News). **Journal Articles Status**, v. 23, n. 9, p. 24-28, 2013.

## **CAPÍTULO 5**

### **PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS E PARASITOLÓGICOS DA ALFACE CRESPA HIDROPÔNICA CULTIVADA COM DIFERENTES SOLUÇÕES NUTRITIVAS OTIMIZADAS**



## **Parâmetros microbiológicos e parasitológicos da alface crespa hidropônica cultivada com diferentes soluções nutritivas otimizadas**

**Resumo:** A alface é a hortaliça mais consumida no Brasil; entretanto, sua qualidade sanitária é questionada durante o processo de produção. Objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar a contaminação microbiológica e parasitológica da alface crespa cultivada em sistema hidropônico com a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT) com diferentes soluções nutritivas. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com três repetições, apresentando, como tratamentos quatro soluções minerais propostas por Furlani, Bernardes, Ueda e Castelane & Araujo e quatro soluções organominerais com composição química similar às citadas anteriormente. Por ocasião da colheita, amostras compostas formadas por dez plantas/parcela foram coletadas e submetidas a análises microbiológicas e parasitológicas. Os resultados demonstraram ausência de contaminação por *E.coli* e *Salmonella* spp em todas as amostras. Verificou-se a presença de *Entamoeba histolytica*, ovos e larvas de *Ancilostomídeos* spp em apenas algumas amostras, estando isentas de qualquer contaminação as alfaces cultivadas com as soluções minerais de Furlani e Castelane & Araujo e organomineral de Furlani.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa*, L., qualidade sanitária, hidroponia

## **Microbiological and parasitological parameters of leaf hydroponic lettuce grown under different optimized nutrient solutions**

**Abstract:** Lettuce is the most widely consumed vegetable in Brazil, however its sanitary quality is questioned during the production process. The objective of this work was to evaluate the microbiological and parasitological contamination of leaf lettuce grown in hydroponic system type NFT with different nutrient solutions. The experiment was conducted in randomized blocks in triplicate, with as treatments, four mineral solutions proposed by Furlani, Bernardes, Ueda, and Castelane & Araujo and four organomineral solutions with nutrient composition similar to those described above. At harvest, samples formed by ten plants by plot were collected and analyzed microbiologically and parasitological. The results showed absence of contamination by *E. coli* and *Salmonella* spp. in all samples. In few lettuce samples was verified the

presence of *Entamoebahistolytica*, eggs, and larvae of *Ancilostomideossp*.Lettuce cultivated with mineral solutions Furlani and Castelane& Araujo and organomineral solution of Furlani were free from contamination.

**Key words:** *Lactuca sativa*, L. health quality, hydroponic

## Introdução

Dentre as hortaliças a alface (*Lactuca sativa*, L.) é a mais consumida no mundo e no Brasil (Moretti & Mattos, 2005; Filgueira, 2008). Seu cultivo é concentrado próximo às áreas metropolitanas devido ao curto período de vida pós-colheita (Henz & Suinaga, 2009).

A produção de alface no Estado da Paraíba se concentra na microrregião do brejo, sendo o município de Lagoa Seca um dos principais produtores de hortaliças do Estado. Segundo dados do IBGE (2009), a produção de alface na Paraíba no ano de 2006 foi estimada em 6.530 t; a qualidade sanitária da alface produzida neste município vem sendo estudada a longas datas. Barros et al. (1999), constataram, avaliando a qualidade da água de irrigação em hortaliças que 88% das amostras continham coliformes fecais acima dos padrões recomendados pela Resolução CONAMA 357/2005 que determina que águas destinadas à irrigação de hortaliças consumidas cruas devem apresentar no máximo 200 coliformes fecais ou *E.coli* em 100 ml; as alfaces apresentaram os mesmos indicadores em densidades muito acima do padrão estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) Resolução RDC 12/2001 que limita a 100 coliformes fecais por grama de amostra. Diversas pesquisas realizadas em mercados e feiras livres no município de Campina Grande, considerado principal centro consumidor de hortaliças produzidas no município Lagoa Seca-PB, relatam alta contaminação microbiológica e parasitológica, o que pode estar associado à utilização de insumos (adubos orgânicos) e água de irrigação contaminada, tal como a manipulação inadequada do produto (Souto, 2005; Santos & Peixoto, 2007).

O controle sanitário de hortaliças é, em todas as fases de produção (do plantio até a colheita) e pós-colheita, fundamental uma vez que seu consumo ocorre de forma “*in natura*” servindo, caso não esteja adequado, como transmissor de microrganismos patogênicos causadores de doenças como enterites e anemia, a exemplo de bactérias,

protozoários e helmintos, entre outros microrganismos patogênicos de origem fecal (Itohan et al., 2011; Ferreira et al., 2013).

O cultivo da alface pode ser realizado utilizando-se a técnica convencional (solo mais fertilizante mineral ou orgânico) ou a hidropônica. Nesta última, as plantas são cultivadas na ausência de solo recebendo, por meio de uma solução nutritiva balanceada, todos os nutrientes essenciais requeridos para seu desenvolvimento. Comparando as duas técnicas quanto à contaminação microbiológica de hortaliças, Santana et al. (2006), Rocha et al. (2008) e Dias & Gazzinelli (2014), evidenciaram contaminação proveniente do sistema orgânico, mineral e hidropônico; no entanto, é importante frisar que a amostragem foi realizada em supermercados e feiras livres, não estando claro em que estágio da cadeia produtiva ocorreu a contaminação.

Nos últimos anos, e além do ponto de vista sanitário é crescente o interesse por alimentos produzidos com menores quantidades de fertilizantes sintéticos (Finatto et al., 2013). O uso de soluções nutritivas organominerais, formuladas a partir de um biofertilizante, pode ser uma alternativa viável para a produção hidropônica. É de conhecimento científico que a contaminação de hortaliças fertirrigadas com efluentes de esgoto, é influenciada pelo tratamento que o mesmo recebeu. Segundo Lima et al. (2005), um efluente oriundo de esgoto tratado em reator UASB seguido de lagoa de polimento apresenta qualidade sanitária satisfatória enquanto que a utilização do esgoto apenas decantando deve ser evitada na irrigação de hortaliças.

A utilização de soluções organominerais em sistemas hidropônicos ainda é pouco estudada; desta forma, são raras as informações relacionadas à qualidade sanitária, razão que levou à realização deste trabalho, objetivando avaliar, microbiologicamente e parasitologicamente, amostras de alface crespa cultivadas em sistema hidropônico com diferentes soluções nutritivas minerais e organominerais.

## **Material e Métodos**

### **Condução do experimento**

O experimento foi conduzido em sistema hidropônico, adotando-se a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT), em ambiente protegido (casa de vegetação), no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), da Universidade Estadual da

Paraíba (UEPB), situado na cidade de Lagoa Seca-PB, com as seguintes coordenadas geográficas: 7° 10' 15" S, 35° 51' 14" W. Segundo a classificação climática de Köppen-Geige (Brasil, 1971), o clima do município é caracterizado como tropical úmido (As'), com temperatura média anual em torno de 22°C, sendo a mínima de 18°C e a máxima de 33°C.

Os tratamentos foram constituídos de oito soluções nutritivas, sendo quatro minerais com composição química proposta por Bernades (1997), Castelane & Araújo (1994), Furlani (1995) e Ueda (1990), denominadas BM, CM, FM, UM respectivamente, e quatro soluções com composição química similar às anteriormente citadas, sendo essas modificadas por esta pesquisa com a utilização de biofertilizante em sua composição, produzindo-se quatro soluções nutritivas organominerais, que foram denominadas soluções nutritivas de Bernades modificada (BO), Castelane & Araujo modificada (CO), Furlani modificada (FO) e Ueda modificada (UO). O experimento foi realizado em blocos casualizados com três repetições; cada parcela apresentava duas calhas espaçadas entre si em 0,30 m; cada calha continha 10 plantas da alface crespa, espaçadas entre si em 0,30 m (Apêndice 1). A composição química das soluções minerais é descrita na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química das soluções nutritivas minerais

Nutrientes	Solução			
	Ueda	Castelane Araújo	Furlani	Bernades
	-----mg L <sup>-1</sup> -----			
NO <sub>3</sub>	42,35	216,00	200,00	178,00
NH <sub>4</sub>	5,80	20,09	15,56	18,00
P	8,08	61,28	32,70	71,37
K	77,34	425,39	310,28	269,67
Ca	21,00	159,60	168,00	201,60
Mg	5,92	24,26	24,65	49,30
S	7,80	31,98	32,50	65,00
Mn	0,64	0,54	0,64	0,49
Zn	0,01	0,26	0,20	0,05
Cu	0,01	0,06	0,07	0,03
Bo	0,52	0,49	0,36	0,50
Mo	0,02	0,05	0,11	0,01
Fe	2,23	2,23	2,23	2,23

NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - nitrato; NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - amônio; P- Fósforo; K- Potássio ; Ca- Cálcio; Mg- Magnésio; S- Enxofre; Mn- Manganês; Zn- Zinco; Cu- Cobre; Bo- Boro; Mo- Molibdenio; Fe- Ferro.

Para o preparo das soluções modificadas foram formulados, inicialmente, quatro biofertilizantes com o auxílio da ferramenta SOLVER, da Microsoft Office Excel, visando obter uma mistura de ingredientes orgânicos com composição química semelhante às sugeridas por Ueda, Castelane & Araújo, Furlani e Bernades, estes

biofertilizantes foram denominados BIO1, BIO2, BIO3 e BIO4, respectivamente. Os ingredientes utilizados foram o esterco bovino, leite bovino e sangue de aves provenientes do CCAA/UEPB, e melão adquirido no comércio de Campina Grande, Paraíba. A caracterização química, e os quantitativos utilizados no preparo dos biofertilizantes são apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

**Tabela 2.** Composição química dos ingredientes utilizados na formulação dos biofertilizantes

Nutrientes	Ingredientes			
	Esterco bovino	Melão	Sangue de aves	Leite
	-----%-----			
N	0,820	0,490	2,550	5,370
Nitrato	0,000	0,000	0,000	0,000
P	0,270	0,080	0,047	0,680
K	1,190	2,380	0,060	1,470
Ca	1,050	0,820	0,047	1,170
Mg	0,380	0,350	0,068	0,000
S	0,045	0,350	0,000	0,000
Zn	0,004	0,034	0,035	0,011
Fe	0,380	0,000	0,000	0,001
Mn	0,016	0,000	0,000	0,000
Cu	0,001	0,002	0,000	0,002
Bo	0,000	0,000	0,000	0,000

**Tabela 3.** Quantitativo dos ingredientes utilizados no preparo dos biofertilizantes

Fertilizantes orgânicos	Biofertilizante			
	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4
	-----kg L <sup>-1</sup> de água-----			
Esterco bovino	0,120	0,120	0,150	0,100
Melão	0,018	0,018	0,020	0,020
Sangue de aves	0,003	0,003	0,005	0,003
Leite	0,010	0,000	0,010	0,010

Após a formulação os ingredientes foram misturados e diluídos em 30 L de água de reservatório (água de chuva) apresentando a seguinte composição química: 0,239 dS m<sup>-1</sup>; pH = 7,3 e em mg L<sup>-1</sup>: dureza em Ca<sup>++</sup> = 48,4; dureza em Mg<sup>++</sup> = 6,4; dureza total (CaCO<sub>3</sub>) = 147,5; K<sup>+</sup> = 21,7; Cl<sup>-</sup> = 33,4; Na<sup>+</sup> = 4,7; Fe total = 0,01; SO<sub>4</sub><sup>-</sup> = 3,3; P = 0,0; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 0,75 e NH<sub>4</sub><sup>+</sup> = 0,15; em seguida os biofertilizantes passaram por processo de biodegradação durante 30 dias, com auxílio de compressor de ar, em intervalos de 15

minutos, o que garantiu uma concentração de oxigênio dissolvido próximo a  $2,0 \text{ mg L}^{-1}$  e, conseqüentemente, a ação dos microrganismos aeróbicos. Uma vez maturados, amostras dos biofertilizantes foram coletadas e caracterizadas quimicamente com base na matéria seca, no laboratório de análises de solo, água e planta, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte - EMPARN. Os resultados estão descritos na Tabela 4.

**Tabela 4.** Composição química dos biofertilizantes

Nutrientes	Biofertilizante			
	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4
	-----mg L <sup>-1</sup> -----			
N	7,28400	12,800	34,787	14,144
Nitrato	0,004	0,004	0,010	0,004
P	4,036	14,009	66,855	56,350
K	35,716	79,124	23,050	14,807
Ca	7,748	24,708	23,083	14,807
Mg	94,800	33,220	21,059	181,844
S	0,000	0,000	0,000	0,000
Zn	0,078	0,269	0,259	0,158
Fe	0,493	1,300	2,328	0,884
Mn	0,100	0,241	0,044	0,197
Cu	0,013	0,027	0,038	0,016

Como a caracterização química dos biofertilizantes apresentou concentração nutricional inferior às recomendadas por Ueda, Castelane & Araújo, Furlani e Bernardes (Tabela 1), esses biofertilizantes tiveram que ser complementados com fertilizantes minerais. Os quantitativos dos fertilizantes utilizados no preparo de 360L das soluções minerais e modificadas estoque, constam na Tabela 5.

**Tabela 5.** Quantitativos dos fertilizantes utilizados no preparo de 360 L das soluções nutritivas estoque

Fertilizantes	Und	Soluções nutritivas							
		FM	BM	UM	CM	FO	BO	UO	CO
Biofertilizante	L	0,0	0,0	0,0	0,0	179,5	359,30	229,22	331,46
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	g	18,01	27,39	7,93	16,26	0,00	3,83	0,28	0,00
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	g	432,00	426,91	44,47	337,97	407,62	395,62	34,02	318,41
KNO <sub>3</sub>	g	151,30	25,8	71,41	270,56	156,19	52,25	80,21	282,03
KCl	g	84,85	173,29	0,00	53,00	55,67	106,68	0,00	19,05
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	g	0,07	0,028	0,01	0,09	0,04	0,01	0,002	0,07
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	g	0,20	0,050	0,01	0,26	0,06	0,03	0,00	0,16
MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	g	0,88	0,48	0,63	0,53	0,85	0,29	0,56	0,44
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	g	41,75	133,26	15,93	58,79	10,12	64,67	0,00	15,96
Água de reservatório	L	359,22	359,16	359,84	359,22	179,77	0,00	130,60	27,79
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	g	0,10	0,01	0,02	0,048	0,105	0,01	0,02	0,04
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	g	0,75	1,05	1,10	1,04	0,709	1,01	1,07	1,00
MAP	g	18,82	42,82	4,84	36,76	14,07	38,61	3,30	33,62

(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>- sulfato de amônio; Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O- nitrato de cálcio; KNO<sub>3</sub>- nitrato de potássio; KCl- cloreto de potássio; CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O- sulfato de cobre; ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O- sulfato de zinco; MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O- sulfato de manganês; MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O- sulfato de magnésio; (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O- molibidato de amônio; H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>- ácido bórico; MAP- mono fosfato de amônio; FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernandes, Ueda e Castelane & Araujo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlani modificada, Bernande modificada, Ueda modificada e Castelane & Araujo modificada, respectivamente

### Plantio da alface e calibração das soluções nutritivas

As mudas de alface crespa foram produzidas em espuma fenólica, semeando-se uma semente peletizada por cavidade; após a emergência da plântula (EP), a água de reservatório utilizada na irrigação foi substituída gradativamente pelas soluções nutritivas (33,33%, 66,66% e 100% a cada quatro dias); após 16 dias da EP, as mudas foram transplantadas para os perfis definitivos.

Diariamente eram realizadas calibrações das soluções nutritivas que alimentavam as calhas, acrescentando água de reservatório e solução nutritiva estoque em função dos tratamentos, de modo a manter o volume do reservatório em 17 L, uma condutividade elétrica de 1,5 dS m<sup>-1</sup> e o pH próximo à neutralidade com a utilização de uma solução de NaOH ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1mol L<sup>-1</sup>). Na Tabela 6 estão registrados os volumes de água de abastecimento e a solução nutritiva estoque repostos diariamente durante os vinte e quatro dias após o transplante, período que compreendeu o experimento.

**Tabela 6.** Volume de água acrescentado (V.AGU) e de solução estoque (V.S.E) nos reservatórios, de modo a manter 17L de solução nutritiva e uma CE de 1,5 dS m<sup>-1</sup> em função das soluções nutritivas minerais de Furlani (FM), Bernardes (BM), Ueda (UM) e Castelane & Araújo (CM) e das soluções nutritivas modificadas de Furlani (FO), Bernardes (BO), Ueda (UO) e Castelane & Araújo (CO) durante a condução do experimento

Avaliação, dias	FM		FO		BM		modificada BO		UM		UO		CM		CO	
	V.AGU	V.S.E	V.AGU	V.S.E	V.AGU	V.S.E	V.ACR	V.S.E	V.AGU	V.S.E	V.ACR	V.S.E	V.AGU	V.S.E	V.ACR	V.S.E
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,73	0,18	0,70	0,21	0,75	0,26	0,69	0,22	0,58	0,43	0,55	0,46	0,61	0,20	0,78	0,23
3	0,69	0,22	0,89	0,32	0,72	0,20	0,71	0,20	0,59	0,32	0,50	0,31	0,59	0,22	0,60	0,31
4	0,85	0,19	0,81	0,40	0,61	0,30	0,74	0,17	0,74	0,29	0,39	0,50	0,73	0,13	0,74	0,18
5	0,75	0,34	1,28	0,63	0,13	0,29	1,15	0,44	2,30	0,44	0,90	0,57	1,14	0,57	1,18	0,42
6	0,22	0,42	0,18	0,41	0,69	0,63	0,69	0,37	1,03	0,22	0,32	0,87	0,92	0,38	0,97	0,36
7	0,78	0,14	0,14	0,18	0,80	0,40	1,16	0,26	0,40	0,68	0,07	1,00	0,88	0,22	0,59	0,13
8	0,87	0,44	0,81	0,40	0,90	0,51	1,00	0,10	0,54	0,27	0,11	1,00	0,77	0,34	0,97	0,22
9	1,89	0,63	0,89	0,72	0,91	1,62	1,58	0,63	1,46	0,48	1,37	0,45	1,60	0,61	1,28	0,24
10	1,82	0,51	1,00	0,98	1,30	0,72	0,93	0,44	1,58	0,11	0,33	2,09	1,55	0,35	0,92	0,81
11	0,68	0,89	1,96	0,07	0,25	2,02	0,80	0,09	0,60	0,91	0,31	2,19	0,21	1,02	1,06	0,24
12	0,33	0,84	0,26	0,63	1,50	0,26	0,42	0,45	0,75	0,12	0,43	10,62	0,21	0,89	0,33	0,76
13	1,95	0,62	1,63	0,75	2,40	0,63	0,96	0,25	1,80	0,28	0,81	2,18	2,45	0,21	0,97	0,54
14	1,66	1,38	1,51	1,12	1,70	1,84	1,96	0,57	1,54	0,69	0,92	2,68	1,60	0,93	1,49	0,93
15	1,11	1,25	1,05	0,79	1,33	1,40	0,64	0,32	1,14	0,62	0,00	2,79	1,23	0,61	1,10	0,67
16	1,98	0,61	1,23	0,25	1,41	1,21	1,14	0,38	1,43	0,23	0,92	0,74	1,37	0,65	1,22	0,48
17	2,86	0,54	2,25	1,11	2,96	0,79	1,61	0,49	2,58	0,01	0,00	6,23	3,15	0,00	2,34	1,01
18	0,59	1,69	0,28	1,14	0,58	2,65	0,86	0,64	0,64	0,78	0,70	1,16	0,47	1,01	0,53	1,19
19	2,16	2,83	2,72	1,63	2,32	2,33	1,97	0,09	2,24	1,20	0,84	3,53	2,44	1,20	2,68	1,29
20	2,13	2,72	2,27	1,67	2,82	3,14	1,52	0,69	1,83	1,71	3,27	1,42	1,53	1,90	1,92	0,86
21	1,85	2,23	1,80	1,30	1,89	2,90	1,28	0,37	2,14	1,64	0,12	16,88	2,39	2,36	2,12	1,01
22	3,82	2,61	1,62	2,87	2,17	5,89	0,77	1,25	2,83	1,02	0,00	14,04	2,85	1,40	1,64	2,28
23	0,00	6,36	1,88	3,06	1,23	4,02	0,91	1,41	3,56	1,70	3,30	6,23	0,12	5,85	1,70	2,54
24	3,51	2,28	3,03	1,22	4,31	2,56	1,37	0,55	2,83	1,33	3,16	0,98	2,99	1,46	2,67	0,67

FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernardes, UEDA e Castelane & Araújo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlani modificada, Bernardes modificada, Ueda modificada e Castelane & Araújo modificada, respectivamente



## Coleta e análise microbiológica e parasitológica da alface, da água do reservatório e das soluções nutritivas estoque

Foram preparadas em função dos tratamentos e repetições em condições de assepsia, amostras compostas de alface crespa, formada por dez plantas/parcela, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos do tipo zip esterilizados. O material foi analisado no Laboratório de Microbiologia dos Alimentos, UEPB – CCAA, seguindo o método oficial aprovado pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2002), para coliformes totais a 35°C, termotolerantes a 45 °C e *E.coli*, usando-se a técnica de tubos múltiplos. A análise parasitológica foi realizada segundo o método adaptado de Bastos et al. (2002) e Guimarães et al. (2003). Também foi analisada a água do reservatório utilizada no preparo das soluções, assim como as soluções estoque que alimentavam o sistema hidropônico. Os resultados foram comparados aos limites estabelecidos nas Resoluções RDC 12/2001 (ANVISA, 2001) e 357/2005, (CONAMA, 2005).

Na Tabela 7 estão expostos os valores dos microrganismos presentes nas soluções nutritivas estoque e na água do reservatório.

**Tabela 7.** Parameros microbiológicos analisados nas soluções nutritivas estoque e na água do reservatório utilizada no preparo das soluções

Solução	Coliformes totais <sup>-1</sup> (35°C)		Coliformes termotolerantes (45°C)		<i>E.coli</i>	<i>Salmonella spp</i>
	Combinação de tubos	NMP 100mL <sup>-1</sup>	Combinação de tubos	NMP 100mL <sup>-1</sup>		
BM	5-3-3	170	4-1-0	17	-	-
BO	5-5-5	1600	3-2-0	14,0	-	-
CM	4-1-1	21	3-1-1	14	-	-
CO	5-5-5	1600	1-1-0	4	-	-
FM	5-2-1	70	3-0-0	7,8	-	-
FO	5-5-5	1600	3-2-0	14	-	-
UM	5-3-3	170	0-0-0	1,8	-	-
UO	5-5-5	1600	2-0-0	10,0	-	-
Água do reservatório	5-5-5	1600	4-2-2	32	Presente	Presente

FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernandes, Ueda e Castelane & Araujo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlani modificada, Bernandes modificada, Ueda modificada e Castelane & Araujo modificada, respectivamente

A metodologia empregada na análise parasitológica se assemelha ao consagrado método de Hoffmann et al. (1934), utilizado em análises clínicas, sendo este método uma adaptação dos descritos por Bastos et al (2002) e Guimarães et al (2003). Os ovos e

cistos dos parasitos encontrados na amostra de água do reservatório e nas soluções modificadas são mostrados na Figura 1.



**Figura 1.** Parasitos encontrados na amostra de água do reservatório e nas soluções nutritivas modificadas, em que: A = ovo *ancilostomideo*, B = ovo de *Schistosoma mansoni*, C = cisto de *Entamoeba histolytica*, D = ovo de *Ascaris*, E = ovo de *Taenia spp.*, F = cisto de *giardia lamblia* e G = larva de *ancilostomideo*

## Resultados e Discussão

Os resultados referentes ao número mais provável (NMP) de coliformes totais (Ct) encontrados na alface hidropônica cultivada com soluções nutritivas minerais e modificadas, estão na Tabela 8.

**Tabela 8.** Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais na alface crespa

Tratamentos	Amostra	Combinação de Tubos +	NMP 100 g <sup>-1</sup>	Intervalo de confiança (95%)	
				Mínimo	Máximo
BM	1	1-1-0	4,0	0,7	12,0
	2	2-0-0	4,5	0,8	15,0
	3	3-2-1	17,0	6,8	40,0
BO	1	2-1-0	6,8	1,8	17,0
	2	2-1-0	6,8	1,8	17,0
	3	2-1-1	9,2	3,4	22,0
CM	1	3-0-0	7,8	2,1	22,0
	2	3-1-0	11,0	3,5	26,0
	3	4-3-2	39,0	14,0	100,0
CO	1	3-1-0	11,0	3,5	26,0
	2	3-1-1	14,0	5,6	36,0
	3	5-3-2	140,0	52,0	400,0
FM	1	2-0-0	4,5	0,8	15,0
	2	2-0-0	4,5	0,8	15,0
	3	3-2-2	20,0	6,8	40,0
FO	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	2-1-0	6,8	1,8	17,0
	3	3-2-2	20,0	6,8	40,0
UM	1	1-1-0	4,0	0,7	12,0
	2	2-1-0	6,8	1,8	17,0
	3	2-1-1	9,2	3,4	22,0
UO	1	1-1-0	4,0	0,7	12,0
	2	2-0-0	4,5	0,8	15,0
	3	3-2-1	17,0	6,8	40,0

FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernandes, Ueda e Castelane & Araujo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlani modificada, Bernandes modificada, Ueda modificada e Castelane & Araujo modificada, respectivamente

Apenas com a utilização da solução modificada de Castelane & Araujo (CO), na terceira amostragem, ocorreu contaminação com coliformes totais acima de 100 NMP. g<sup>-1</sup>. Este resultado pode estar associado ao manuseio ou até mesmo a uma contaminação cruzada isto porque quando relacionado o NMP (número mais provável) de coliformes totais encontrados nas soluções nutritivas (Tabela 7) que foram superiores a 1.600 NMP 100 mL<sup>-1</sup> (todas as soluções nutritivas modificadas), com o observado nas amostras da alface, verifica-se uma redução considerável de contaminação; este mesmo comportamento também ocorreu com a utilização das soluções minerais, exceto para a solução mineral de Castelane & Araujo (CM) na terceira amostragem, que apresentou uma contaminação na alface de 39 NMP g<sup>-1</sup>, superior ao observado na solução estoque CM que foi 21 NMP 100 mL<sup>-1</sup>.

Os baixos valores de contaminação por coliformes totais encontrados nas amostras da alface (Tabela 8) indicam que o sistema hidropônico pode ser eficiente quanto à menor contaminação microbiológica das culturas produzidas neste sistema, em função das soluções nutritivas não entrarem em contato com a parte aérea da cultura, como ocorre com frequência em sistemas de produção orgânicos ou convencionais. Fica

evidente que o modo de aplicação da água de irrigação ou do fertilizante tem grande importância no processo de contaminação das hortaliças.

Trabalhos realizados evidenciam que o tipo de fertilizante e o sistema de plantio utilizado influenciam na qualidade sanitária da hortaliça. Tavella et al. (2012) verificaram, com aplicações de biofertilizantes com diluição acima de 3%, via foliar, altos níveis de contaminação de alface por coliformes totais (460 NMP.g<sup>-1</sup>). Resultados semelhantes também foram obtidos por Arbos et al. (2010) avaliando alface adubado com fertilizante orgânico, e encontraram contaminações acima de (240 NMP.g<sup>-1</sup>), assim como Baumgartner et al. (2007) utilizando água de reúso da piscicultura e suinocultura aplicados via gotejamento (2400 NMP.g<sup>-1</sup>).

Em cultivos hidropônicos também são relatados casos de contaminação por coliformes totais. Santana et al. (2006) verificaram em, 100% das amostras de alface hidropônica avaliadas no comércio de Salvador valores de coliformes totais acima de 100 NMP g<sup>-1</sup>. Santos et al. (2010), encontraram, analisando amostras de alface hidropônico colhidas no comércio da cidade de Botucatu, SP, contaminações por coliformes fecais com NMP de  $4,6 \times 10^4$ . Embora a contaminação da alface proveniente de sistema hidropônico esteja relacionada à pós-colheita, há casos relatados, como o de Tonet et al. (2011), que constataram em alfaces colhidas no sistema hidropônico, valores de contaminação superiores a 1100 NMP g<sup>-1</sup> em 30% das amostras avaliadas.

Apesar da não existência de padrões federais para níveis de coliformes totais em hortaliças, a utilização deste parâmetro como indicador de condições higiênicas aponta, em casos de alta contagem desses microrganismos, uma provável contaminação do alimento durante a produção, limpezas e sanificações deficientes. Neste trabalho a utilização do sistema hidropônico minimizou tais problemas, a maior contaminação observada na terceira amostragem com a utilização das soluções de Castenale & Araújo mineral e organomineral (modificada) ocorreu em decorrência de práticas de higienização incorretas tanto nas atividades de condução quanto no momento da colheita, o que corrobora Hoolyer et. al. (2009).

Quanto à ocorrência de coliformes termotolerantes (45°C), os valores encontrados na alface crespa variaram entre 1,8 a 6,8 NMP g<sup>-1</sup> (Tabela 9). Esses resultados são considerados satisfatórios uma vez que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária estabelece, para hortaliças frescas '*in natura*', o padrão de presença máxima de 100 NMP g<sup>-1</sup> (ANVISA, 2001).

**Tabela 9.** Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes na alface crspsa

Tratamentos	Amostra	Combinação de Tubos +	NMP g <sup>-1</sup>	Intervalo de confiança (95%)	
				Mínimo	Máximo
BM	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	0-0-0	<1,8	-	6,8
	3	1-1-0	4,0	0,7	12,0
BO	1	1-0-0	2,0	0,1	10,0
	2	1-1-0	4,0	0,7	12,0
	3	2-1-0	6,8	1,8	17,0
CM	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	1-0-0	2,0	0,1	10,0
	3	1-0-0	2,0	0,1	10,0
CO	1	1-0-0	2,0	0,1	10,0
	2	2-0-0	4,5	0,8	15,0
	3	2-1-0	6,8	1,8	17,0
FM	1	1-0-0	2,0	0,1	10,0
	2	1-1-1	6,1	1,8	15,0
	3	2-0-0	4,5	0,8	15,0
FO	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	1-0-0	2,0	0,1	10,0
	3	1-1-0	4,0	0,7	12,0
UM	1	1-0-0	2,0	0,1	10,0
	2	1-0-0	2,0	0,1	10,0
	3	1-1-0	4,0	0,7	12,0
UO	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	1-0-0	2,0	0,1	10,0
	3	1-1-0	4,0	0,7	12,0

FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernandes, UEDA e Castelane & Araujo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlani modificada, Bernandes modificada, Ueda modificada e Castelane & Araujo modificada, respectivamente

Os intervalos de confiança de 95% oferecem a informação de que em pelo menos 95% das vezes, ocorre a chance da concentração real do microrganismo alvo estar incluído no intervalo de confiança calculado para cada arranjo de tubos positivos significando que com a utilização das soluções BO e CO, ambas na terceira amostragem, a máxima contagem de coliformes a 45°C pode chegar a 17 NMP 100 g<sup>-1</sup>, resultado este 488,23% menor em relação ao determinado pela ANVISA (2001), confirmando a boa qualidade sanitária das alfaces produzidas, independente da solução nutritiva utilizada.

Os valores de Coliformes a 45°C encontrados nas soluções nutritivas, assim como na água do reservatório utilizada no preparo das soluções, estão abaixo do valor estabelecido pela Resolução 357/2005, (CONAMA, 2005) que é de 200 NMP 100mL<sup>-1</sup>; este fato colaborou para a baixa contagem de coliformes termotolerantes encontrados nas amostras de alface avaliadas.

Estudos demonstram que em sistema hidropônico a contaminação microbiana das culturas é menor. Autores como Tonet et al. (2011), observaram, avaliando o cultivo da alface em sistema hidropônico e aquapônico que apesar da existência de coliformes termotolerantes nas águas utilizadas no processo produtivo, os resultados se encontraram dentro dos padrões de consumo estipulados pela legislação vigente. Rios (2008), também colheu, estudando a utilização de águas amarelas (urina humana) com

contaminação por coliformes fecais acima de 1100 NMP 100 mL<sup>-1</sup> no cultivo hidropônico da alface, plantas dentro dos padrões aceitáveis para consumo.

A presença de coliformes termotolerantes em hortaliças é preocupante, visto que é consumida crua. Coliformes termotolerantes são bactérias indicadoras de contaminação fecal, que se confirma com a presença de *E.coli*. A presença deste microrganismo provém de contaminação com fezes de animais homeotermicos ou com esgotos domésticos e, portanto, podem estar indicando a presença de microrganismos patogênicos de transmissão hídrica e alimentar que podem favorecer o aparecimento de doenças infecciosas graves como cólera, salmoneloses, shigeloses e hepatites, entre outras.

Neste trabalho, independente da solução utilizada, as amostras de alface crespa analisadas não apresentam nenhum risco à saúde do consumidor quanto à presença de *E. coli* e *Salmonela* (tabela 10). A ausência desses microrganismos nas alfaces é um indicativo de que os perfis hidropônicos podem funcionar como barreira física para impedir o contato da parte comestível das plantas com o efluente usado na solução nutritiva.

**Tabela 10.** Número Mais Provável (NMP) de *Salmonela* e *Escherichia coli* na alface crespa

Tratamentos	Amostra	Combinação de Tubos +	<i>Salmonela spp</i> e <i>E.coli</i> MNP/100mL <sup>-1</sup>	Intervalo de confiança (95%)	
				Mínimo	Máximo
BM	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	0-0-0	<1,8	-	6,8
	3	0-0-0	<1,8	-	6,8
BO	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	0-0-0	<1,8	-	6,8
	3	0-0-0	<1,8	-	6,8
CM	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	0-0-0	<1,8	-	6,8
	3	0-0-0	<1,8	-	6,8
CO	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	0-0-0	<1,8	-	6,8
	3	0-0-0	<1,8	-	6,8
FM	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	0-0-0	<1,8	-	6,8
	3	0-0-0	<1,8	-	6,8
FO	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	0-0-0	<1,8	-	6,8
	3	0-0-0	<1,8	-	6,8
UM	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	0-0-0	<1,8	-	6,8
	3	0-0-0	<1,8	-	6,8
UO	1	0-0-0	<1,8	-	6,8
	2	0-0-0	<1,8	-	6,8
	3	0-0-0	<1,8	-	6,8

FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernandes, UEDA e Castelane & Araujo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlani modificada, Bernandes modificada, Ueda modificada e Castelane & Araújo modificada, respectivamente.

O sistema hidropônico utilizado neste trabalho, mesmo estando em ambiente protegido, não está imune a possíveis contaminações fecais provenientes de animais de sangue quente, a exemplo de aves, roedores e, até mesmo, do homem; no entanto, a

incidência seria pequena e não iria ocorrer regularmente. Em se tratando de solução organomineral, a entrada de coliformes no sistema é diluída na própria água utilizada no seu preparo. Normalmente, em sistemas hidropônicos as folhas não entram em contato com a solução mas, podem ocorrer respingos de solução e água contaminada nas folhas e, conseqüentemente, sua contaminação.

A ausência de *Salmonella spp* em alface hidropônico é relatada em várias pesquisas. Faria et al. (2005) não detectaram a presença desse microrganismo em nenhuma amostra de alface colhidas de sistema convencional e hidropônico. Santana et al. (2006) também verificaram ausência de Salmonela em alface provenientes de sistema de cultivo hidropônico.

Os resultados obtidos para contaminação parasitológica são demonstrados na Tabela 11. Dos sete tipos de parasita encontrados na água do reservatório e nas soluções modificadas (Figura 1), apenas três foram encontradas nas amostras de alface: *Entamoeba histolytica*, ovos de Ancilostomídeos e larvas de Ancilostomídeos (Tabela 11).

**Tabela 11.** Grupos e espécies dos parasitos encontrados em alface (*Lactuca sativa*) em função das diferentes soluções nutritivas

Solução nutritiva	Amostra	Grupo						
		--Protozoários--		-----Helmintos-----				
		A	B	C	D	E	F	G
BM	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	+	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-
BO	1	-	-	-	+	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-
FM	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-
FO	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-
CM	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-
CO	1	+	-	-	+	-	-	-
	2	-	-	-	+	-	+	-
	3	-	-	-	-	-	-	-
UM	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	+	-	-	-	-	-	-
	3	-	-	-	+	-	+	-
UO	1	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	+	-	-	-
	3	-	-	-	-	-	-	-

A = *Entamoeba histolytica*, B = *Giardia lamblia*, C = *Taenia* sp, D = Ovos de *Ancilostomídeos* sp, E = Ovos de *Ascaris Lumbricóides*, F = Larva filarióide de *Ancilostomídeos* e G = *Schistosoma mansoni*. (+) presença e (-) ausência. FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernandes, UEDA e Castelane & Araujo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlani modificada, Bernandes modificada, Ueda modificada e Castelane & Araujo modificada, respectivamente

Analisando a Tabela 11, percebe-se que no total de amostras analisadas, a presença do protozoário *Entamoeba histolytica* ocorreu na frequência de 8,33% ao se utilizar as soluções de CO e UM. Esta contaminação está associada aos ingredientes orgânicos utilizados no preparo da solução organomineral (modificada) e à contaminação presente na água do reservatório. Este valor é inferior ao descrito por Neres et al. (2011) que encontraram valores de 12,19% de contaminação por *Entamoeba histolytica* em alface de cultivo hidropônico. Segundo alguns autores, a contaminação de alface por *Entamoeba histolytica* pode ainda ser maior quando ocorre manuseio inapropriado do produto pós-colheita. De acordo com Oliveira et al. (2012), no comércio de Ipatinga, MG, 60% das amostras são contaminadas. Pereira et al. (2012), verificaram, realizando estudo em supermercados e mercados públicos de João Pessoa, PB, contaminação de 39 e 44%, respectivamente.

*Salmonella* e *Entamoeba histolytica* são frequentes em surtos alimentares, e podem prejudicar a saúde humana, segundo a Resolução nº 12/2001 da ANVISA (2001); na avaliação da qualidade de hortaliças, esses dois microrganismos devem ser ausentes em amostras de 25g do alimento.

Quanto à presença de helmintos, verificou-se a ocorrência de ovos de ancilostomídeos nas alfaces colhidas fertirrigadas com as soluções Bernanrdes (BM), (BO), (CO), (UM) e (UO) e de larvas filaroides com a utilização de CO e UM, o que correspondeu a uma frequência de 25,00% e 8,33% das amostras analisadas, respectivamente. A contaminação proveniente de soluções minerais e modificadas evidencia, mais uma vez, a contribuição da água do reservatório para tais resultados.

Santana et al (2006), também encontraram contaminação de alface hidropônico por ancilostomídeos em 26,7% das amostras analisadas. Em trabalho realizado no comércio de Cuiabá, MT, Alves et al. (2013), encontraram o percentual de 18,7% de amostras contaminadas; já Oliveira e Peres (2014), observaram contaminação por ancilostomídeos em 37% das amostras de alface analisadas no município de Foz do Iguaçu, PR.

Os baixos níveis de contaminação microbiológicos e parasitológicos observados neste trabalho são animadores principalmente no tocante ao uso de soluções organominerais em sistemas hidropônicos. Analisando a Tabela 7, verifica-se que a água utilizada no preparo das soluções nutritivas apresentava contaminação superior em relação às próprias soluções nutritivas estoque. Vale a pena ressaltar que, durante a



condução do experimento, foram realizadas calibrações e manutenções diárias das soluções nutritivas durante o intervalo de 24 dias (Tabela 6). Neste período o volume de água reposta foi de 33,23; 30,19; 33,68; 24,86; 35,13; 19,0; 31,8 e 29,8 L e de solução nutritiva de 29,92; 21,86; 36,57; 10,36; 15,48; 78,92; 22,51 e 17,37 L para os tratamentos FM, FO, BM, BO, UM, UO, CM e CO, respectivamente significando que durante todo o experimento também foi acrescentada uma carga elevada de microrganismos patogênicos no sistema hidropônico. A ausência de *E. Coli*, *Salmonela* e da maioria dos parasitoides nas amostras de alface, pressupõe que a mudança de ambiente da água do reservatório para formar as soluções nutritivas, reduziu a ação contaminante das mesmas haja vista que as soluções foram aeradas durante o processo de biodegradação, assim como no momento em que alimentavam as calhas. Ocorreu acréscimo de fertilizantes minerais em todas as soluções (mineral e modificada) e ácidos e bases para correção do pH. Segundo Pachepsky et al. (2011), vários fatores podem influenciar a sobrevivência e a proliferação de microrganismos em água, incluindo a temperatura, microrganismos concorrentes, pH, qualidade e a disponibilidade de nutrientes, radiação solar, entre outros.

### Conclusões

1. Independentemente da solução nutritiva utilizada, as amostras de alface cressa analisadas apresentaram ausência de contaminação por *E.coli* e *Salmonela*, atendendo aos padrões estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA;
2. A alface apresentou baixa contaminação parasitológica. Verificou-se apenas a presença de cistos de *Entamoeba histolytica*, ovos e larvas de *Ancilostomídeos* sp, só em algumas soluções nutritivas;
3. O uso de soluções organominerais é viável quando utilizado em sistemas hidropônicos, sendo indicado para regiões em que se faz uso de água de irrigação de qualidade inferior na produção de hortaliças.

## Referências Bibliográficas

- Alves, A. S. Da.; Cunha Neto, A. Da. E; Paulo, A. R. Parasitos em alface-crespa (*lactuca sativa* L.), de plantio convencional, comercializada em supermercados de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Revista Patologia Tropical**, v. 42, n. 2, p.217-229. 2013.
- Arbos, K. A.; Freitas, R. J. S.; Stertz, S. C.; Carvalho, L. A. Segurança alimentar de hortaliças orgânicas: aspectos sanitários e nutricionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n.30 (supl.1), p. 215-220, 2010.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17. ed., Washington, 2002.
- Barros, A. J. M.; Ceballos, B. S. O.; König A. 3 & Gheyi, H. R. Avaliação sanitária e físico-química das águas para irrigação de hortaliças no agreste e brejo paraibanos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.355-360, 1999.
- Bastos, R. K. X.; Neves, J. C.; Bevilacqua, P. D.; Silva, C. V.; Carvalho, G. R. M. Avaliação da contaminação de hortaliças irrigadas com esgotos sanitários. **Revista Aidis**, v.1, n.1, p.1-8, 2002.
- Baumgartner, D.; Sampaio, S. C.; Silva, T. R. Da; Teo C. R. P. A.; Boas, M. A. V.; Reúso de águas residuárias da piscicultura e da suinocultura na irrigação da cultura da alface. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n.1, p. 152-163, 2007.
- Bernardes, L. J. H. **Hidroponia da alface: uma história de sucesso**. São Paulo: Estação Experimental de Hidroponia "Alface e Cia", 1997. 135p.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Secretária Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Dispõe sobre padrões microbiológicos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília (DF), 10 jan. 2001. Seção I, p. 48.

- BRASIL, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Divisão de agrologia – SUDENE. 1971. **Levantamento exploratório**. Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Rio de Janeiro: 1971. p. 670. (Boletim Técnico, 15).
- Castellane, P. D.; Araújo, J. A. C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2005. Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da República federativa do Brasil, Brasília.
- Dias, B. C. O.; Gazzinelli, S. E. P. Verificação e identificação de formas parasitárias em culturas de alface (*Lactuca sativa*) na Estância Turística de São Roque. **Scientia Vitae**, v. 1, n. 3, p. 27-34, 2014.
- Faria, M. I.; Falcão, C. A. C.; Tórtora, J. C. O. Contaminação microbiana e melhoria do sistema produtivo de alfaces (*Lactuca sativa*), de cultivo tradicional e hidropônico, no Rio de Janeiro. **Higiene Alimentar**, v. 19, n. 133, p. 104- 109, 2005.
- Filgueira, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2008. 418 p.
- Ferreira, A. P.; Horta, M. A. P.; Pereira. C. R. A. Qualidade higiênico-sanitária das águas de irrigação de estabelecimentos produtores de hortaliças no município de Teresópolis, RJ. **Revista Uniandrade**, v.13, n. 1, p. 15-29. 2013.
- Finatto, J.; Altmayer. T.; Martini, M. C.; Rodrigues, M.; Basso, V.; Hoehne, L. A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 5, n. 4, p. 85-93, 2013.
- Furlani, P. R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: IAC, 1995. 18p. (Documentos, 55).

- Guimarães, A. M.; Alves, E. G. L.; Figueiredo, H. C. P.; Costa, G. M.,.; Rodrigues, L. S. Frequência de enteroparasitas em amostras de alface (*Lactuca sativa*) comercializada em Lavras, Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 36, n. 5, p. 621-623, 2003.
- Henz, G. P; Suinaga, F. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Embrapa hortaliças, Brasília, DF, 2009.
- Hoffman, W. A.; Pons, J. A.; Janer, J. L. Sedimentation concentration method in *Schistosomiasis mansoni*. **International Journal of Tropical Medicine and Public Health**, n. 9. p. 283-289, 1934.
- Hollyer, J.; Tamaru, C.; Riggs, A.; Klinger-Bowen, R. E.; Howerton, R.; Okimoto, D.; Castro, L., Ron, T. B., Fox B. K. , Troegner, V.; Martinez, G. On-Farm Food Safety: Aquaponics, **Food Safety and Technology**, n. 38, p. 1-8, 2009.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 777 p.
- Itohan, A. M.; Peters, O.; KOLO, I. Bacterial contaminants of salad vegetables in Abuja Municipal Area Council, Nigeria. **Malaysian Journal of Microbiology**, v. 7, n. 2, p. 111-114, 2011.
- Lima, S.M.; Henrique, I.N.; Ceballos, B.S.O. De; Souza, J.T. De; Araújo, H.W.C De; Qualidade sanitária e produção de alface irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (suplemento), p.21-25, 2005.
- Moretti, C. L.; Mattos, L. M. **Processamento mínimo de alface crespa**. Comunicado Técnico 25: Embrapa Hortaliças, 2005.
- Neres, A. C.; Nascimento, A. H.; Lemos, K R. M.; Ribeiro, E. L.; Leitão, V. O.; Pacheco, J. B. P.; Diniz, D. O.; Aversi-Ferreira, R. A. G. M. F.; Aversi-Ferreira,

T. L. Enteroparasitos em amostras de Alface (*Lactuca sativa* var. *crispa*), no município de Anápolis, Goiás, Brasil. **Bioscienc Journal**, n. 27, n. 2, p. 336-341, 2011.

Oliveira, A. A. B. De.; Perez, L. F. Contaminação de enteroparasitas em folhas de alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Nasturtium officinalis*) em duas hortas comerciais de foz do iguaçu, Estado do Paraná, Brasil, **Revista Eletrônica Novo Enfoque**, v. 18, n. 18, p. 109-124. 2014.

Oliveira, D. C.S.; Brito, J. K. De.; Maia, M. C. Avaliação parasitológica em amostras de alfaces (*Lactuca sativa*) Comercializadas em supermercados de Ipatinga, Minas Gerais. **Nutrir gerais**, v. 6, n. 11, p. 933-944, 2012.

Pachepsky, Y.; Shelton, D. R.; Mclain, J. E. T.; Patel, J.; Mandrell, R. E. Irrigation Waters as a Source of Pathogenic Microorganisms in Produce: A Review. **Academic Press**, v.113, p. 73–138, 2011.

Pereira, J. A.; Freitas, F. I. S. De.; Maciel, J. F. Qualidade microbiológica da alface (*lactuca sativa*) comercializada em João Pessoa-PB. **Revista de biologia e farmácia**, v. 8, n. 1, p. 125-130, 2012.

Rios, E. C. S. V. **Uso de águas amarelas como fonte alternativa de nutriente em cultivo hidropônico da alface** (*Lactuca sativa*). Vitória: UFES, 2008. 85p. Dissertação Mestrado.

Rocha, A.; Mendes, R. A.; Barbosa, C. S. Strongyloidesspp. e outros parasitos encontrados em alfaces (*Lactuca sativa*) comercializados na cidade do Recife, PE. **Revista Patologia Tropical**, n. 37, n. 2, p. 151-160, 2008.

Santana, L. R. R.; Carvalho, R. D.S.; Leite, C. C.; Alcântara. L. M.; Oliveira, T. W. S. De.; Rodrigues, B. M. Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces (*lactuca sativa*) de diferentes sistemas de cultivo. **Ciência Tecnologia de alimentos**, Campinas, v.26, n. 2, p. 264-269, 2006.

- Santos, C. M. G.; Braga, C. L.; Vieira, M. R. Silva; Cerqueira, R. ; Brauer, Ri. L.; Lima, G. P. P. Qualidade da alface comercializada no município de Botucatu-SP. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 11, n. 1, p. 67-74, 2010.
- Santos, G. L. D.; Peixoto, M. S. R. M. Detecção de estruturas de enteroparasitas em amostras de alfaces (*Lactuca sativa*) comercializadas em Campina Grande, PB. **NewsLab**, n.80, p. 142-150, 2007.
- Souto, R. A. **Avaliação sanitária da água de irrigação e de alfaces (*Lactuca sativa* L.) produzidas no município de Lagoa Seca, Paraíba** . Paraíba. Areia: UFPB, 2005. 70 p. Dissertação Mestrado.
- Tavella, L. B.; Salino, A. J. S. Da.; Campos, P. A.; Sebastião Neto, E. A.; Ferreira, R. L. F. Aplicação foliar de produtos agroecológicos no desempenho agrônômico da alface. **Agropecuária científica no semiárido**, V. 8, n. 1, p. 23-27, 2012.
- Tonet, A.; Ribeiro, A. B.; Bagatin, A. M.; Quenehenn, A.; Suzuki, C. C. L. F. Análise microbiológica da água e da alface (*lactuca sativa*) cultivada em sistema aquapônico, hidropônico e em solo. **Revista brasileira de pesquisa em alimentos**, v.2, n. 2, p. 83-88, 2011.
- Ueda, S. **Hidroponia: guia prático**. São Paulo: 1990. 50p.

## **CAPÍTULO 6**

### **VIABILIDADE ECONÔMICA DA ALFACE CULTIVADA EM SISTEMA HIDROPÔNICO COM DIFERENTES SOLUÇÕES NUTRITIVAS OTIMIZADAS**

## **Viabilidade econômica da alface cultivada em sistema hidropônico com diferentes soluções nutritivas otimizadas**

RESUMO: o cultivo hidropônico se caracteriza por apresentar custos iniciais elevados em relação ao cultivo convencional. Este estudo aborda, através de simulação, a viabilidade econômica da implantação de um sistema hidropônico para produção de alface com diferentes soluções minerais e organominerais. O experimento foi conduzido em blocos casualizados com três repetições apresentando, como tratamentos, quatro soluções minerais propostas por Furlani, Bernardes, Ueda e Castelane & Araujo e quatro soluções organominerais com composição química similar às citadas anteriormente, e três cultivares de alface crespa: Verônica, Vanda e Thais. Após a colheita, as alfaces foram pesadas em função dos tratamentos e, a partir deste dado, determinou-se o preço de venda com base em pesquisa realizada nos principais supermercados do município de Campina Grande-PB. Para o levantamento das despesas levou-se em consideração o custo efetivo operacional, o custo operacional total e o custo total de produção. O cultivo hidropônico de alface mostrou-se uma atividade economicamente rentável. Independentemente da cultivar, as soluções nutritivas de Bernardes mineral e Furlani mineral promoveram os melhores rendimentos econômicos, dentre as soluções organominerais se destaca a solução de Furlani quando utilizada na produção da cultivar Veronica.

Palavras chave: *Lactuca sativa*, L., hidroponia, rentabilidade, simulação

### **Economic viability of lettuce grown hydroponically with different nutrient solutions optimized**

ABSTRACT: Hydroponic cultivation is characterized by high initial costs compared to conventional cultivation. This study discusses, through simulation, the economic feasibility of implementation a hydroponic system for production of lettuce with different minerals and organomineral solutions. The experiment was conducted in triplicate, with as treatments four mineral solutions proposed by Furlani, Bernardes, Ueda, and Castelane & Araujo, and organomineral solutions with nutrient composition similar to those described above, and three varieties of leaf lettuce: Veronica, Vanda and Thais. After harvesting the lettuces were weighed up separately by treatments, and from this information were determined the selling price based on research conducted in



major supermarkets in the city of Campina Grande-PB. To calculate expenditure it was taken into account the operating cost effective, total operating costs, and the total cost of production. The hydroponic lettuce proved to be a profitable activity. Regardless of cultivar, the mineral nutrient solutions of Bernandes and Furlani provided better economic returns. Among the organomineral solutions stands up the Furlani solution when used in the production of cultivar Veronica.

Keywords: *Lactuca sativa*, L., hydroponics, profitability, simulation.

## Introdução

A procura por uma alimentação saudável de alta qualidade vem-se tornando um hábito cada vez mais praticado; este cenário aponta para o consumo crescente de hortaliças folhosas (Borges e Dal'Sotto, 2014). Neste grupo a alface é a hortaliça folhosa mais produzida e consumida (Costa & Sala, 2012; Hens & Zuniga, 2009). Ressaltam-se no Brasil mais de 66.000 propriedades rurais produzindo alface comercial, sendo as principais regiões produtoras: Sudeste (30%), Sul (30%), Nordeste (26%), Centro-Oeste (7%) e Norte (6%) (IBGE, 2009).

A estacionalidade da produção, variações climáticas e a escassez de terra como fator de produção, entre outras, são características peculiares do setor agrícola que podem diminuir a produção de alimentos e aumentar os riscos das atividades rurais. Diante desses fatores limitantes a técnica da hidroponia se destaca por apresentar, em relação ao sistema convencional maior produtividade, menor mão de obra e área, além de economizar água, fatores esses, necessários para o aumento e regularidade da produção de hortícolas (Villela Júnior et al., 2004; Andriolo et al., 2005)

No Brasil, o cultivo comercial de hortaliças e plantas ornamentais usando-se técnicas de hidroponia, vem-se expandindo rapidamente nas proximidades dos grandes centros urbanos, em que as terras agricultáveis são escassas e caras havendo grande demanda por produtos hortícolas. Em tais regiões, as hortaliças são produzidas, em sua maior parte, sob cultivo protegido, situação em que o sistema hidropônico se apresenta como alternativa vantajosa (Martinez & Silva Filho, 2006).

De acordo com Soares (2002), no Brasil o cultivo da alface corresponde a 90% do total produzido hidroponicamente, o que enfatiza a importância de estudos

econômicos para essa cultura e sistema de cultivo, possibilitando um suporte científico maior e segurança aos agricultores.

Uma das principais preocupações dos produtores de hortaliças quanto ao cultivo hidropônico está relacionada ao custo inicial de produção, elevado com a necessidade de terraplenagens, construção de estufas, mesas, bancadas, sistemas hidráulicos e elétricos. Contudo e segundo Santos et al. (2008) o cultivo da alface hidropônica apresenta viabilidade econômica quando cultivada com soluções minerais porém, não existe uma formulação considerada ideal pois estão envolvidos um número considerável de variáveis e suas interações (Rodrigues, 2002). sendo a solução de Furlani a mais utilizada; quanto ao uso de soluções organominerais pouco se sabe.

A técnica da hidroponia ainda é pouca utilizada na região Nordeste, uma das razões pode estar associada à carência de informações quanto à viabilidade econômica do cultivo de hortaliças. Portanto, a realização deste trabalho teve, como objetivo, analisar a viabilidade econômica do cultivo hidropônico da alface crespa com a utilização de soluções nutritivas minerais e organominerais.

## **Material e Métodos**

A viabilidade econômica do cultivo hidropônico da alface crespa foi realizada através de simulação tomando-se por base o estudo da produção da cultura com o uso de diferentes soluções nutritivas minerais e organominerais.

### **Condução do experimento**

O experimento foi conduzido em sistema hidropônico, adotando-se a técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT), em ambiente protegido (casa de vegetação), no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), situado na cidade de Lagoa Seca-PB, com as seguintes coordenadas geográficas: 7° 10' 15" S, 35° 51' 14" W. Segundo a classificação climática de Köppen-Geige (Brasil, 1971), o clima do município é caracterizado como tropical úmido (As'), com temperatura média anual em torno de 22°C, sendo a mínima de 18°C e a máxima de 33°C.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e três repetições. Os tratamentos foram constituídos por oito soluções nutritivas sendo

quatro minerais, com composição química proposta por Bernardes (1997), Castelane & Araújo (1994), Furlani (1995) e Ueda (1990), as quais foram representadas por BM, CM, FM, UM respectivamente, e quatro soluções com composição química similar às anteriormente citadas, sendo essas modificadas, por esta pesquisa com a utilização de biofertilizante em sua composição, produzindo quatro soluções nutritivas organominerais, estas foram denominadas soluções nutritivas de Bernardes modificada (BO), Castelane & Araujo modificada (CO), Furlani modificada (FO) e Ueda modificada (UO), já as subparcelas, foram formadas por três cultivares de alface crespa, são elas: Verônica, Vanda e Thais. Cada parcela apresentava duas calhas espaçadas entre si em 0,30 m, cada calha continha 10 plantas da alface crespa, espaçadas entre si em 0,30 m. A composição química das soluções minerais é descrita na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química das soluções nutritivas minerais

Nutrientes	Solução			
	Ueda	Castelane Araújo	Furlani	Bernardes
	-----mg L <sup>-1</sup> -----			
NO <sub>3</sub>	42,35	216,00	200,00	178,00
NH <sub>4</sub>	5,80	20,09	15,56	18,00
P	8,08	61,28	32,70	71,37
K	77,34	425,39	310,28	269,67
Ca	21,00	159,60	168,00	201,60
Mg	5,92	24,26	24,65	49,30
S	7,80	31,98	32,50	65,00
Mn	0,64	0,54	0,64	0,49
Zn	0,01	0,26	0,20	0,05
Cu	0,01	0,06	0,07	0,03
Bo	0,52	0,49	0,36	0,50
Mo	0,02	0,05	0,11	0,01
Fe	2,23	2,23	2,23	2,23

NO<sub>3</sub>- nitrato; NH<sub>4</sub>- amônio ;P- Fósforo; K- Potássio ; Ca- Cálcio; Mg- Magnésio;S- Enxofre; Mn- Manganês; Zn- Zinco; Cu- Cobre; Bo- Boro; Mo- Molibdenio; Fe- Ferro.

Para o preparado das soluções modificadas, foram formulados inicialmente, quatro biofertilizantes com o auxílio da ferramenta SOLVER da Microsoft Office Excel visando obter uma mistura de ingredientes orgânicos com composição química próxima às sugeridas por Ueda, Castelane & Araújo, Furlani e Bernardes; esses biofertilizantes foram denominados BIO1, BIO2, BIO3 e BIO4 respectivamente. Os ingredientes utilizados foram o esterco bovino, leite bovino e sangue proveniente do CCAA/UEPB e melão adquirido no comércio Campina Grande, Paraíba. A caracterização química, e

os quantitativos utilizados no preparo dos biofertilizantes são apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

**Tabela 2.** Composição química dos ingredientes utilizados na formulação dos biofertilizantes

Nutrientes	Ingredientes			
	Esterco bovino	Melaço	Sangue de aves	Leite
	-----%-----			
N	0,820	0,490	2,550	5,370
nitrato	0,000	0,000	0,000	0,000
P	0,270	0,080	0,047	0,680
K	1,190	2,380	0,060	1,470
Ca	1,050	0,820	0,047	1,170
Mg	0,380	0,350	0,068	0,000
S	0,045	0,350	0,000	0,000
Zn	0,004	0,034	0,035	0,011
Fe	0,380	0,000	0,000	0,001
Mn	0,016	0,000	0,000	0,000
Cu	0,001	0,002	0,000	0,002
Bo	0,000	0,000	0,000	0,000

**Tabela 3.** Quantitativo dos ingredientes utilizados no preparo dos biofertilizantes

Fertilizantes orgânicos	Biofertilizante			
	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4
	-----kg L <sup>-1</sup> de água-----			
Esterco bovino	0,120	0,120	0,150	0,100
Melaço	0,018	0,018	0,020	0,020
Sangue de aves	0,003	0,003	0,005	0,003
Leite	0,010	0,000	0,010	0,010

Após a formulação os ingredientes foram misturados e diluídos em 30 L de água de reservatório (água de chuva), passando por processo de fermentação aeróbica durante 30 dias com auxílio de compressor de ar, o que garantiu uma concentração de oxigênio dissolvido próximo a 2,0 mg L<sup>-1</sup> e conseqüentemente a ação dos microrganismos aeróbicos. Uma vez maturados, amostras dos biofertilizantes foram coletadas e caracterizadas quimicamente com base na matéria seca no laboratório de análises de solo, água e planta, pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte- EMPARN. Os resultados estão descritos na Tabela 4.

**Tabela 4.** Composição química dos biofertilizantes

Nutrientes	Biofertilizante			
	BIO1	BIO2	BIO3	BIO4
	-----mg L <sup>-1</sup> -----			
N	7,284	12,800	34,787	14,144
nitrato	0,004	0,004	0,010	0,004
P	4,036	14,009	66,855	56,350
K	35,716	79,124	23,050	14,807
Ca	7,748	24,708	23,083	14,807
Mg	94,800	33,220	21,059	181,844
Zn	0,078	0,269	0,259	0,158
Fe	0,493	1,300	2,328	0,884
Mn	0,100	0,241	0,044	0,197
Cu	0,013	0,027	0,038	0,016

Uma vez que a caracterização química dos biofertilizantes apresentou concentração nutricional inferior às recomendados por Ueda, Castelane & Araújo, Furlani e Bernardes (Tabela 1), os mesmos tiveram que ser complementados com fertilizantes minerais. Os quantitativos dos fertilizantes utilizados no preparo de 360 L das soluções minerais e modificadas estoque constam na Tabela 5.

**Tabela 5.** Quantitativos dos fertilizantes utilizados no preparo de 360 L das soluções nutritivas estoques

Fertilizantes	Und	Soluções nutritivas							
		FM	BM	UM	CM	FO	BO	UO	CO
Biofertilizante	L	0,0	0,0	0,0	0,0	179,5	359,30	229,22	331,46
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	g	18,01	27,39	7,93	16,26	0,00	3,83	0,28	0,00
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	g	432,00	426,91	44,47	337,97	407,62	395,62	34,02	318,41
KNO <sub>3</sub>	g	151,30	25,8	71,41	270,56	156,19	52,25	80,21	282,03
KCl	g	84,85	173,29	0,00	53,00	55,67	106,68	0,00	19,05
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	g	0,07	0,028	0,01	0,09	0,04	0,01	0,002	0,07
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	g	0,20	0,050	0,01	0,26	0,06	0,03	0,00	0,16
MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	g	0,88	0,48	0,63	0,53	0,85	0,29	0,56	0,44
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	g	41,75	133,26	15,93	58,79	10,12	64,67	0,00	15,96
Água de reservatório	L	359,22	359,16	359,84	359,22	179,77	0,00	130,60	27,79
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	g	0,10	0,01	0,02	0,048	0,105	0,01	0,02	0,04
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	g	0,75	1,05	1,10	1,04	0,709	1,01	1,07	1,00
MAP	g	18,82	42,82	4,84	36,76	14,07	38,61	3,30	33,62

(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>- sulfato de amônio; Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O- nitrato de cálcio; KNO<sub>3</sub>- nitrato de potássio; KCl- cloreto de potássio; CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O- sulfato de cobre; ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O- sulfato de zinco; MnSO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O- sulfato de manganês; MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O- sulfato de magnésio; (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.4H<sub>2</sub>O- molibdato de amônio; H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>- ácido bórico; MAP- mono fosfato de amônio; FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernardes, Ueda e Castelane & Araujo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlani modificada, Bernardes modificada, Ueda modificada e Castelane & Araujo modificada, respectivamente

Diariamente eram realizadas calibrações das soluções nutritivas que alimentavam as calhas, acrescentando água de reservatório e solução nutritiva estoque em função dos tratamentos, de modo a manter o volume do reservatório em 17 L, uma condutividade elétrica de 1,5 dS m<sup>-1</sup> e o pH próximo à neutralidade com a utilização de uma solução de NaOH ou H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1mol L<sup>-1</sup>). Na Tabela 6 estão registrados os volumes de água de abastecimento e a solução nutritiva estoque repostos diariamente durante os vinte e quatro dias após o transplante, período que compreendeu o experimento.

**Tabela 6.** Volume de água acrescentado (V.AGU) e de solução estoque (V.S.E) nos reservatórios de modo a manter 17L de solução nutritiva e uma CE de 1,5 dS m<sup>-1</sup> em função das soluções nutritivas de Furlani (FM), Bernardes (BM), Ueda (UM) e Castelane & Araújo (CM) , Furlani modificada (FO), Bernardes modificada (BO), Ueda modificada (UO) e Castelane & Araújo modificada (CO) durante a condução do experimento

Avaliação, dias	FM		FO		BM		BO		UM		UO		CM		CO	
	V.AGU	V.S.E	V.AGU	V.S.E	V.AGU	V.S.E	V.ACR	V.S.E	V.AGU	V.S.E	V.ACR	V.S.E	V.AGU	V.S.E	V.ACR	V.S.E
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,73	0,18	0,70	0,21	0,75	0,26	0,69	0,22	0,58	0,43	0,55	0,46	0,61	0,20	0,78	0,23
3	0,69	0,22	0,89	0,32	0,72	0,20	0,71	0,20	0,59	0,32	0,50	0,31	0,59	0,22	0,60	0,31
4	0,85	0,19	0,81	0,40	0,61	0,30	0,74	0,17	0,74	0,29	0,39	0,50	0,73	0,13	0,74	0,18
5	0,75	0,34	1,28	0,63	0,13	0,29	1,15	0,44	2,30	0,44	0,90	0,57	1,14	0,57	1,18	0,42
6	0,22	0,42	0,18	0,41	0,69	0,63	0,69	0,37	1,03	0,22	0,32	0,87	0,92	0,38	0,97	0,36
7	0,78	0,14	0,14	0,18	0,80	0,40	1,16	0,26	0,40	0,68	0,07	1,00	0,88	0,22	0,59	0,13
8	0,87	0,44	0,81	0,40	0,90	0,51	1,00	0,10	0,54	0,27	0,11	1,00	0,77	0,34	0,97	0,22
9	1,89	0,63	0,89	0,72	0,91	1,62	1,58	0,63	1,46	0,48	1,37	0,45	1,60	0,61	1,28	0,24
10	1,82	0,51	1,00	0,98	1,30	0,72	0,93	0,44	1,58	0,11	0,33	2,09	1,55	0,35	0,92	0,81
11	0,68	0,89	1,96	0,07	0,25	2,02	0,80	0,09	0,60	0,91	0,31	2,19	0,21	1,02	1,06	0,24
12	0,33	0,84	0,26	0,63	1,50	0,26	0,42	0,45	0,75	0,12	0,43	10,62	0,21	0,89	0,33	0,76
13	1,95	0,62	1,63	0,75	2,40	0,63	0,96	0,25	1,80	0,28	0,81	2,18	2,45	0,21	0,97	0,54
14	1,66	1,38	1,51	1,12	1,70	1,84	1,96	0,57	1,54	0,69	0,92	2,68	1,60	0,93	1,49	0,93
15	1,11	1,25	1,05	0,79	1,33	1,40	0,64	0,32	1,14	0,62	0,00	2,79	1,23	0,61	1,10	0,67
16	1,98	0,61	1,23	0,25	1,41	1,21	1,14	0,38	1,43	0,23	0,92	0,74	1,37	0,65	1,22	0,48
17	2,86	0,54	2,25	1,11	2,96	0,79	1,61	0,49	2,58	0,01	0,00	6,23	3,15	0,00	2,34	1,01
18	0,59	1,69	0,28	1,14	0,58	2,65	0,86	0,64	0,64	0,78	0,70	1,16	0,47	1,01	0,53	1,19
19	2,16	2,83	2,72	1,63	2,32	2,33	1,97	0,09	2,24	1,20	0,84	3,53	2,44	1,20	2,68	1,29
20	2,13	2,72	2,27	1,67	2,82	3,14	1,52	0,69	1,83	1,71	3,27	1,42	1,53	1,90	1,92	0,86
21	1,85	2,23	1,80	1,30	1,89	2,90	1,28	0,37	2,14	1,64	0,12	16,88	2,39	2,36	2,12	1,01
22	3,82	2,61	1,62	2,87	2,17	5,89	0,77	1,25	2,83	1,02	0,00	14,04	2,85	1,40	1,64	2,28
23	0,00	6,36	1,88	3,06	1,23	4,02	0,91	1,41	3,56	1,70	3,30	6,23	0,12	5,85	1,70	2,54
24	3,51	2,28	3,03	1,22	4,31	2,56	1,37	0,55	2,83	1,33	3,16	0,98	2,99	1,46	2,67	0,67

FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernardes, UEDA e Castelane & Araujo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlani modificada, Bernardes modificada, Ueda modificada e Castelane & Araujo modificada, respectivamente

## **Viabilidade econômica**

### **Custos de produção**

A análise de custo de produção foi realizada conforme metodologia sugerida por Martin et al. (1998), na qual se procura reunir os componentes de custos, agregando-os de tal forma a permitir uma análise detalhada dos mesmos e da análise de rentabilidade.

Consideraram-se os seguintes custos:

- Custo operacional efetivo (COE): corresponde ao somatório entre os custos fixos (estufa e sua depreciação) e variáveis (sementes, energia elétrica, manutenção, mão de obra e solução nutritiva). A estufa corresponde a uma área de 850 m<sup>2</sup> e a uma produção estimada de 110.000 plantas ano<sup>-1</sup>; contudo, considerou-se, para efeito de cálculo, uma produção comercial (plantas bem conformadas sem sinais de queima e pendoamento) de 100.000 plantas ano<sup>-1</sup>.

### **Depreciação da estufa e equipamentos**

Pelo método linear a taxa anual de depreciação foi calculada dividindo-se o custo inicial (preço de aquisição ou preço de reposição) menos um valor final presumido de sucata pelo número de anos de duração provável.

Em qualquer ano, depreciação é:

$$D = \frac{Vi - Vf}{N}$$

Onde:

D = valor da depreciação ao ano

Vi= valor inicial, em R\$

Vf= valor final. em R\$

N= vida útil, em anos



Considerou-se o valor de financiamento bancário de R\$ 60.000,00 para aquisição de estufa e equipamentos necessários para o seu funcionamento. O valor final da estrutura foi estipulado em 10% do valor inicial e se considerou a vida útil do sistema em 10 anos.

Além da depreciação também foi levada em consideração a manutenção necessária para manter os equipamentos e as instalações em plena condição de uso. Para cobrir os gastos estipulou-se um percentual de 4% sobre o valor total investido.

- Custo operacional total (COT): é o custo operacional efetivo acrescido dos encargos sociais (36% sobre o valor da despesa com mão de obra), contribuição à seguridade social rural, CSSR (2,2% do valor da renda bruta)

Neste item também foi considerada uma remuneração empresarial, necessária para cobrir as despesas básicas do produtor durante cada ano. Esta remuneração foi de R\$ 26.100,00/ano

- Custo total de produção (CTP): é o custo operacional total acrescido dos gastos com o arrendamento da terra (R\$ 1300,00/ano)

### **Indicadores de rentabilidade**

Os indicadores de análise de resultados utilizados no trabalho foram os seguintes:

a) Receita Bruta (RB): é a receita esperada para determinada produção, visando a um preço de venda pré-definido ou efetivamente recebido, ou seja:

$$RB = P * Pu$$

Em que:

P= produção da atividade;

Pu= preço unitário do produto da atividade.

b) Margem Bruta (MBCOE): é a margem em relação ao custo operacional efetivo (COE), isto é, o resultado ocorrido após o produtor arcar com o custo operacional efetivo, considerando determinado preço unitário de venda e o rendimento do sistema de produção para a atividade.

Formalizando, tem-se:

$$\text{MBCOE (\%)} = ((\text{RB} - \text{COE}) / \text{COE}) * 100$$

Onde:

MBCOE= margem bruta em relação ao COE

RB = receita bruta;

COE = custo operacional efetivo.

c) Margem Bruta (MBCOT): é definida de forma análoga à margem bruta (COE) para o custo operacional total (COT). É estimada por:

$$\text{MBCOT (\%)} = ((\text{RB} - \text{COT}) / \text{COT}) * 100$$

Onde:

MBCOT (%)= margem bruta em relação ao COT

COT = custo operacional total.

Assim esta margem indica qual a disponibilidade para cobrir além dos custos efetivos os encargos sociais e a remuneração empresarial (proprietário).

d) Margem Bruta (MBCTP): é a margem em relação ao custo total de produção (CTP), isto é, o resultado ocorrido após o produtor arcar com o custo com todos os custos, considerando determinado preço unitário de venda e o rendimento do sistema de produção para a atividade. É calculada por:

$$\text{MBCTP (\%)} = ((\text{RB} - \text{COT}) / \text{COT}) * 100$$

Onde:

MBCTP (%) = margem bruta em relação ao CTP

COT = custo total de produção

Além desses conceitos, utilizaram-se também os indicadores de custo em relação às unidades de produto, denominados ponto de equilíbrio, que determina qual a produção mínima necessária para cobrir o custo, dado o preço de venda unitário para o produto. Assim, foram considerados os seguintes pontos de equilíbrio:

d) Ponto de Equilíbrio (COE) =  $COE/Pu$

e) Ponto de Equilíbrio (COT) =  $COT/Pu$

f) Ponto de Equilíbrio (CTP) =  $CTP/Pu$

g) Lucro Operacional: constitui a diferença entre a receita bruta e o custo operacional total (COT) por ano.

Deste modo, tem-se:

$$LO = RB - COT$$

O indicador de resultado lucro operacional (LO) mede a lucratividade da atividade no curto prazo, mostrando as condições financeiras e operacionais da atividade.

h) Índice de lucratividade (IL): este indicador mostra a relação entre o lucro operacional (LO) e a receita bruta (RB), em percentagem. É uma medida importante de rentabilidade da atividade agropecuária uma vez que mostra a taxa disponível de receita da atividade após o pagamento de todos os custos operacionais, encargos etc., inclusive as depreciações.

Então:

$$IL = (LO / RB) * 100$$

Nesta simulação levou-se em consideração um investimento inicial de R\$ 60.000,00, adquirido pelo produtor junto a uma instituição financeira com a cobrança de juros de 6,5% a.a, (Brasil, 2014). A previsão de quitação do saldo devedor foi de 5 anos com prestações anuais no valor de R\$ 14.087,63.

O valor de venda unitário da alface foi estipulado correlacionando-se o peso médio da alface produzida neste trabalho (Tabela 7) com os comercializados nos principais supermercados do município de Campina Grande, Paraíba, seguido o seguinte critério:

- Plantas com peso inferior a 75 g = R\$ 0,45;
- Plantas com peso entre 75 e 100 g = R\$ 0,75;
- Plantas com peso entre 101 e 150 g = R\$ 1,00;
- Plantas com peso superior a 150 g = R\$ 1,25.

**Tabela 7.** Peso médio das cultivares de alface crespa produzidas com as soluções nutritivas de Furlani (FM), Bernardes (BM), Ueda (UM), Castelane & Araújo (CM), Furlani modificada (FO), Bernardes modificada (BO), Ueda modificada (UO) e Castelane & Araújo modificada (CO)

Cultivares	Soluções nutritivas							
	FM	FO	BM	BO	UM	UO	CM	CO
Verônica	197,19	110,1	239,51	80,48	95,61	36,76	147,19	83,79
Vanda	179,43	72,49	216,23	80,41	102,81	46,51	145,42	62,41
Thaís	193,97	83,92	214,71	72,34	126,49	37,4	144,74	62,23

## Resultados e Discussão

### Custos de produção

As planilhas de custo de implantação (operação e material de consumo), custo operacional efetivo (COE), custo operacional total (COT) e o custo total de produção (CTP) da alface hidropônica se encontram detalhadas na Tabela 8.

Analisando-se a tabela 8, nota-se que a utilização das soluções modificadas reduziu em comparação as minerais de mesma composição química, o custo operacional efetivo (COE) em 1,94; 3,05; 0,00 e 1,26% com o uso das soluções de Furlane modificada (FO), Bernardes modificada (BO), Ueda modificadas (UO) e Castelane & Araújo modificada (CO), respectivamente. A substituição parcial dos fertilizantes químicos pelo biofertilizante no preparo das soluções modificadas justifica tal resultado, corroborando Resende et al. (2007). Cometi et al. (2008) concluíram, após trabalharem

com efeito da concentração nutritiva no crescimento da alface hidropônica, que a utilização de soluções menos concentradas e conseqüentemente com menor quantidade de fertilizantes diminui o custo de produção sem alterar a produtividade da cultura.

**Tabela 8.** Valores unitários dos itens utilizados no custo de produção da alface hidropônica em função das diferentes soluções nutritivas

CUSTO FIXO (A)	Soluções nutritivas							
	FM	FO	BM	BO	UM	UO	CM	CO
-----Valor monetário (R\$)-----								
Estufa	14087,63	14087,63	14087,63	14087,63	14087,63	14087,63	14087,63	14087,63
Depreciação	5.400,0	5.400,0	5.400,0	5.400,0	5.400,0	5.400,0	5.400,0	5.400,0
<b>CUSTOS</b>								
<b>VARIÁVEIS (B)</b>								
Sementes	810,0	810,0	810,0	810,0	810,0	810,0	810,0	810,0
Energia elétrica	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0
Espuma	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0	1.500,0
Manutenção	2.400,0	2.400,0	2.400,0	2.400,0	2.400,0	2.400,0	2.400,0	2.400,0
Mão de obra	5.140,0	5.140,0	5.140,0	5.140,0	5.140,0	5.140,0	5.140,0	5.140,0
Solução nutritiva	1172,07	552,24	1677,58	685,12	249,08	249,20	1028,03	627,82
COE (A+B)	32.000,0	31.380,0	32.510,0	31.520,0	31.080,0	31.080,0	31.860,0	31.460,0
<b>OUTROS CUSTOS</b>								
<b>OPERACIONAIS (C)</b>								
Encargos sociais	3.700,0	3.700,0	3.700,0	3.700,0	3.700,0	3.700,0	3.700,0	3.700,0
CESSR	2750	2200	2750	1540	1540	990	2156	1540
Remuneração empresarial	26.100,0	26.100,0	26.100,0	26.100,0	26.100,0	26.100,0	26.100,0	26.100,0
COT (COE + C)	64.550,0	63.380,0	65.060,0	62.860,0	62.420,0	61.870,0	63.820,0	62.800,0
<b>OUTROS CUSTOS</b>								
<b>FIXOS (D)</b>								
Arrendamento(F)	1.300,0	1.300,0	1.300,0	1.300,0	1.300,0	1.300,0	1.300,0	1.300,0
CTP (A+B+C+D+F)	65.854,34	64.684,51	66.359,85	64.157,39	63.721,35	63.171,47	65.116,30	64.100,09

CSSR = contribuição à seguridade social rural. FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernandes, UEDA e Castelane & Araujo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlani modificada, Bernandes modificada, Ueda modificada e Castelane & Araujo modificada, respectivamente.

A importância da utilização do biofertilizante no preparo da solução nutritiva se deve ao fato deste apresentar composição química diversificada, em macro e micronutrientes e, além do mais sua fabricação pode ter custo reduzido, uma vez que a maioria dos agricultores já possui os ingredientes orgânicos utilizados na sua formulação e/ou, poderá incluir outros ingredientes disponíveis na sua propriedade, a

um custo reduzido, o que diminuirá ainda mais os gastos do produtor (Fernandes et al. (2011).

Ainda de acordo com a Tabela 8, verificou-se que o COE representou, em média 48,9% do custo total de produção (CTP), sendo o pagamento do financiamento da estufa o item que apresentaria maior impacto correspondendo a 45,0% do COE. De acordo com Silva & Schwonka (2001), os maiores custos de implantação do sistema hidropônico estão relacionados à aquisição da estufa e equipamento.

O custo operacional total (COT) aumentou em relação ao custo operacional efetivo (COE) na ordem de 101,70; 101,95; 100,12; 99,43; 100,82; 99,05; 100,30 e 99,61%, com o uso das soluções FM, FO, BM, BO, UM, UO, CM e CO, respectivamente. Este acréscimo foi proveniente das despesas com a remuneração empresarial, encargos sociais e Contribuição Especial da Seguridade Social Rural (CESSR), considerando toda a produção anual. As pequenas oscilações observadas entre os percentuais de incremento ocorreram devido a CESSR, já que esta contribuição é calculada sobre a receita bruta do empreendimento.

É importante ressaltar que a remuneração empresarial durante o processo produtivo correspondeu, em média, a 40,38% do COT. Este valor se destaca dada à sua importância pois garante uma renda mensal ao agricultor durante o processo produtivo, mesmo sem contar com os lucros advindos da produção.

Finalmente, o CTP foi determinado somando-se, ao custo operacional total, a despesa com o arrendamento da terra, o qual foi estimado em R\$ 1.300,00/ano, este é o valor médio cobrado pelo arrendamento de 1 ha nas granjas localizadas no município de Lagoa Seca, Paraíba. O CTP atingiu valores de R\$ 65.854,34; 64.684,51; 66.359,85; 64.157,39; 63.721,35; 63.171,47; 65.116,30 e 64.100,09 para as alfaces cultivadas com as soluções FM, FO, BM, BO, UM, UO, CM e CO, respectivamente (Tabela 8).

Nesta simulação, a partir do sexto ano de implantação, os custos totais de produção teriam uma queda acentuada em função da quitação do financiamento para a instalação do projeto; esta redução representaria, em termos percentuais, uma diminuição de 23,39; 21,78; 21,23; 21,96; 22,10; 22,30; 21,63 e 21,98% com o uso das soluções FM, FO, BM, BO, UM, UO, CM e CO, respectivamente. Esta desoneração repercutiria de forma significativa na diminuição do custo unitário/planta, passando de R\$ 0,66; 0,65; 0,66; 0,64; 0,64; 0,63; 0,63; 0,65 e 0,64 para R\$ 0,52; 0,51; 0,52; 0,50; 0,50; 0,49; 0,51; 0,50, utilizando-se as soluções FM; FO; BM; BO; UM; UO; CM e CO, respectivamente.

## Rentabilidade da produção

Ao se observar os indicadores de rentabilidade obtidos para as diferentes cultivares e soluções nutritivas descritos na Tabela 9, percebe-se que as cultivares Verônica, Vanda e Thais apresentaram a maior receita bruta (RB) com a utilização das soluções minerais FM e BM, com receita de R\$125.000,00.

**Tabela 9.** Índices de rentabilidade das cultivares de alface crespa em função das diferentes soluções nutritivas

	UND	Cultivar Verônica							
		FM	FO	BM	BO	UM	UO	CM	CO
RB	1000 R\$	125	100	125	70	70	45	98	70
MBCOE	%	290,57	218,62	284,49	122,10	125,21	44,78	207,59	122,50
MBCOT	%	93,64	57,77	92,13	11,36	12,14	-27,27	53,57	11,46
MBCTP	%	89,81	54,60	88,37	9,11	9,85	-28,77	50,50	9,20
PNCOE	1000 UND	25,67	31,38	26,00	45,02	44,40	69,07	32,51	44,94
PNCOT	1000 UND	51,64	63,38	52,47	89,79	89,17	13,74	65,11	89,71
PNCTP	1000 UND	52,68	64,68	53,08	91,65	91,03	140,38	66,44	91,57
L.O	1000 R\$	60,44	36,61	59,94	71,42	75,78	-16,87	34,18	71,99
LL	%	48,36	36,62	47,95	10,20	10,83	-37,49	34,88	10,29
		Cultivar Vanda							
RB	1000 R\$	125	70	125	70	98	45	98	45
MBCOE	%	290,57	123,04	284,49	122,10	215,30	44,78	207,59	43,04
MBCOT	%	93,64	10,44	92,13	11,36	57,00	-27,27	53,57	-28,34
MBCTP	%	89,81	8,22	88,37	9,11	53,79	-28,77	50,50	-29,80
PNCOE	1000 UND	25,60	44,83	26,00	45,02	31,71	69,07	32,510	69,91
PNCOT	1000 UND	51,64	90,54	52,04	89,79	63,69	137,49	65,118	139,55
PNCTP	1000 UND	52,68	92,40	53,08	91,65	65,02	140,38	66,44	142,44
L.O	1000 R\$	60,44	6,61	59,94	7,14	35,57	-16,87	34,18	-17,80
LL	%	48,36	9,45	47,95	10,20	36,30	-37,49	34,88	-39,56
		Cultivar Thais							
RB	1000 R\$	125	70	125	45	98	45	98	45
MBCOE	%	290,57	123,04	284,49	296,60	302,17	302,16	292,33	297,32
MBCOT	%	93,64	10,44	92,13	-28,41	57,00	-27,27	53,57	-28,34
MBCTP	%	89,81	6,30	89,81	-31,67	48,81	-31,67	48,81	-31,67
PNCOE	1000 UND	25,60	44,83	26,08	45,025	31,71	69,07	32,51	69,91
PNCOT	1000 UND	51,64	90,54	52,04	139,68	63,69	137,49	65,11	139,55
PNCTP	1000 UND	52,68	92,40	53,08	142,57	65,02	140,38	66,44	142,44
L.O	1000 R\$	60,44	66,15	59,94	-17,85	35,57	-16,87	34,18	-17,80
LL	%	48,36	9,45	47,95	-39,68	36,30	-37,49	34,88	-39,56

FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernardes, Ueda e Castelane & Araujo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlani modificada, Bernardes modificada, Ueda modificada e Castelane & Araujo modificada, respectivamente.

Com relação à utilização das soluções modificadas, a maior receita foi verificada cultivando a alface Verônica na solução de FO, alcançando o valor de R\$ 100.000,00/ano.

Na análise de investimento deve-se estipular uma taxa mínima de atratividade como base para os cálculos de viabilidade; esta é uma taxa de juros, que representa o mínimo que um investidor se propõe a ganhar quando faz um investimento. Borges & Dal’Sotto (2014) avaliando a viabilidade econômica da implantação de um sistema hidropônico para produção de alface, sugeriram lucros mínimos equivalentes aos proporcionados pelas aplicações financeiras de renda fixa, como os certificados de depósito bancário (CDB).

Essas taxas costumam variar ao longo do ano; assim, nesta simulação e para efeito prático, admitiu-se uma taxa de atratividade mínima de 12% a.a. Os resultados obtidos neste trabalho são promissores uma vez que com a utilização das soluções minerais, apenas a cultivar Verônica com a solução UM não apresentou lucratividade superior a 12% a.a. Quanto às soluções modificadas, apenas a cultivar Verônica mais a solução FO, proporcionou boa lucratividade, cujo valor foi de 36,62% a.a, nos tratamentos Veronica com CO, Vanda com FO e BO e Thais com FO os índices de lucratividade foram sempre inferiores a 12% a.a, o que tornaria o investimento pouco atrativo (Tabela 9). Nos casos em que se verificou inviabilidade econômica com índices de lucratividade negativos, os plantios foram realizados nas combinações: Verônica com solução de UO, Vanda com as soluções de UO e CO e Thais submetida às soluções BO, UO e CO, uma vez que o mercado consumidor pagaria apenas 0,45 R\$/planta, casos em que a receita bruta seria suficiente apenas para cobrir os custos operacionais efetivos e, desta forma, não apresentaria possibilidade de remuneração para o produtor, tornando-se um investimento inviável.

Em geral os preços das hortaliças geralmente apresenta variação ao longo do ano, em virtude do seu valor ser definido em função da qualidade do produto que, por sua vez, é influenciada diretamente pelas condições climáticas. O cultivo hidropônico pode oferecer, aos produtores, maior rentabilidade devido à diferenciação do produto pois a qualidade sanitária e nutricional além do aspecto visual dos produtos hidropônicos, pode agregar maior valor ao produto junto ao consumidor (Olshe et al., 2001; Souza et al., 2008).

Segundo uma pesquisa realizada em Frederico Westphalen, no estado do Rio Grande do Sul, por Potrich et al. (2012), 94,4% dos entrevistados pagariam entre R\$ 0,5



e R\$ 1,00 a mais pela unidade da alface hidropônica em função do seu aspecto visual e menor contaminação por agrotóxicos. Andrade & Silva (2010), também constataram a possibilidade da alface hidropônica obter melhores preços em relação à convencional; em sua pesquisa realizada na região de Uberaba, MG, os autores concluíram que 61,29% dos consumidores estão dispostos a pagar R\$ 1,00 a mais pela alface hidropônica.

O ponto de nivelamento da atividade para que não ocorra perda econômica é obtido quando se tem a igualdade entre a receita bruta (RB) e o custo total de produção (CTP). Analisando a Tabela 9 verifica-se que nos tratamentos nos quais o ponto de nivelamento do custo total de produção (PNCTP) foi superior a 100.000 unidades ano<sup>-1</sup>, o empreendimento se tornaria inviável por apresentar uma necessidade de produção acima da capacidade anual projetada. Situação semelhante foi reportada por Geisenhoff et al. (2010), avaliando a Viabilidade econômica da produção de alface hidropônica em Lavras – MG; neste caso os autores propuseram um aumento de 2,13% na produção, passando de 6.000,0 para 6.128 a fim de a receita total cobrir todos os custos totais de produção da atividade.

Estudos relacionados à viabilidade econômica da hidroponia com a utilização de soluções organominerais, ainda são raros. A maioria dos relatos encontrados e que avaliam a possibilidade de sucesso financeiro com a utilização da hidroponia, leva em consideração o uso de soluções nutritivas convencionais. Costa (2001) observou uma rentabilidade de 71,87% estudando a viabilidade econômica da alface hidropônico nos períodos de outono e inverno na cidade de Campinas, São Paulo. Borges & Dal’Sotto (2014) encontraram, em um estudo de viabilidade econômica para implantação de um sistema de cultivo hidropônico em uma propriedade rural no oeste do Paraná, rentabilidade de 20,70% a.a.

Com a quitação do financiamento ao final do quinto ano do empreendimento, há uma diminuição nos custos de produção e em contrapartida, aumento nos índices de lucratividade (Tabela 10).

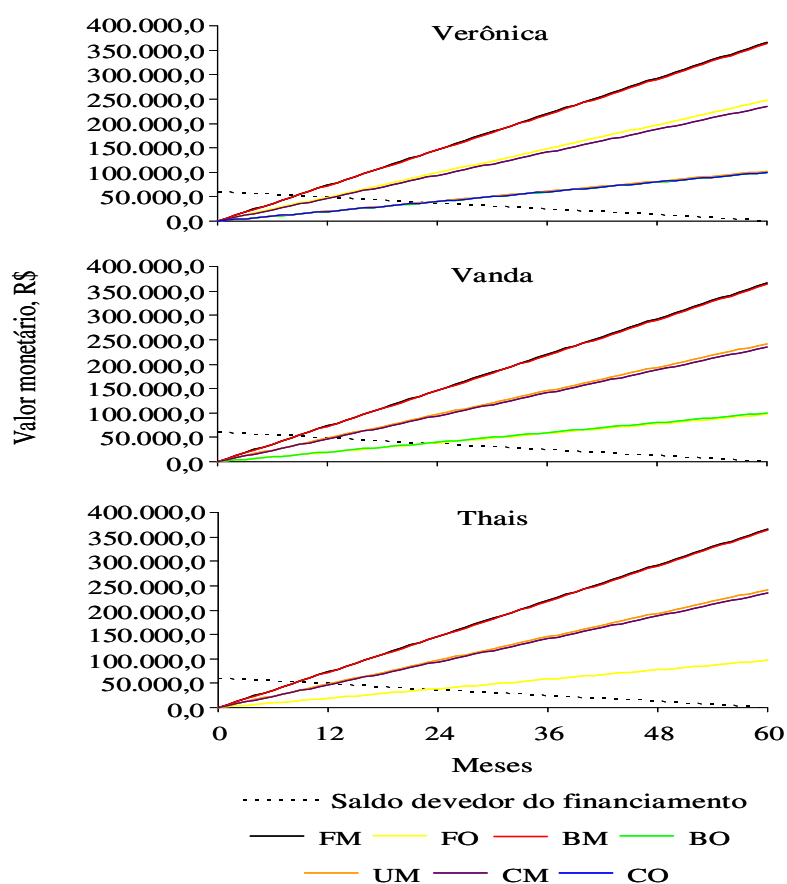
**Tabela 10.** Índice de lucratividade das cultivares Verônica, Vanda e Thais produzida sem sistema hidropônico com diferentes soluções nutritivas após o quinto ano de implantação da atividade

Cultivar	Soluções nutritivas							
	FM	FO	BM	BO	UM	UO	CM	CO
-----Índice de lucratividade (%)-----								
Veronica	59,63	50,70	59,22	30,33	30,95	-6,19	49,26	30,41
Vanda	59,63	29,58	59,22	30,33	50,68	-6,19	49,26	-8,25
Thais	59,63	49,58	59,22	-8,38	50,68	-6,19	49,26	-8,25

FM, BM, UM e CM são as soluções minerais de Furlani, Bernandes, Ueda e Castelane & Araujo, respectivamente; FO, BO, UO e CO são as soluções de Furlani modificada, Bernandes modificada, Ueda modificada e Castelane & Araujo modificada, respectivamente

Ao observar a Tabela 10 percebe-se, a partir do quinto ano da atividade, redução dos custos de produção com a quitação do financiamento e um acréscimo, independentemente da solução utilizada, no índice de lucratividade para todas as cultivares; entretanto, as soluções que apresentariam o melhor rendimento econômico seriam as soluções FM e BM, com índice de rentabilidade de 59,63 e 59,22%, respectivamente. O aumento de lucratividade a médio prazo é um fator positivo para a atividade hidropônica; os dados obtidos neste trabalho corroboram Silva & Schwonka (2001), estudando a viabilidade econômica para a produção de alface no sistema hidropônico concluindo que apesar do elevado custo inicial, se consegue ,em médio prazo, converter o investimento em benefícios.

Caso todo o lucro obtido na atividade fosse utilizado para débito da dívida, em apenas 9 meses o financiamento seria quitado através da comercialização das alfaces Verônica, Vanda e Thais, cultivadas com as soluções minerais de FM e BM; nas cultivares Verônica com as soluções FO e CM e Vanda e Thais com UM e CM, seriam necessários 12 e 13 meses, respectivamente; com as cultivares Verônica com BO, UM e CO, Vanda com FO e BO e Thais com FO, este prazo passaria para 23 meses (Figura 1).



**Figura 1.** Tempo necessário para quitação do financiamento bancário e receitas acumuladas no período de 60 meses

A possibilidade de quitação do financiamento antes do prazo estipulado pelo agente financiador é um dado importante pois reflete a liquidez da atividade. Em pesquisa realizada, Silva & Schwonka (2001), concluíram, que o pagamento do financiamento para um cultivo hidropônico de alface, com a metade do lucro obtido, ocorreria em 30 meses.

Verifica-se também, na Figura 1 que após a quitação do financiamento a atividade geraria recursos suficientes para a expansão ou instalação de novos projetos. Tomando-se como exemplo a receita gerada com a utilização das soluções FM e BM, independente da cultivar, o montante de recursos acumulados em 4 anos e 3 meses seria de aproximadamente R\$ 311.000,00, já descontado o pagamento de todos os custos, inclusive o aporte mensal de R\$ 2.100,00, destinado à remuneração empresarial (produtor).

## Conclusões

1. O cultivo hidropônico da alface mostrou-se como atividade economicamente rentável.
2. De acordo com a simulação realizada, o tempo de quitação do empréstimo variou em função das soluções utilizadas, sendo inviável o uso das soluções modificadas de Castelane & Araújo, Bernardes e Ueda.
3. As soluções nutritivas minerais de Bernardes e Furlani promoveram os melhores rendimentos econômicos independentemente da cultivar testada.
4. A cultivar Verônica submetida à solução de Furlani modificada, foi economicamente rentável.

## Referências Bibliográficas

- Andrade, M. P. R. De; Silva, A. R. P. da. **Marketing do Comportamento do consumidor e da comercialização da alface hidropônica**. In: congresso norte nordeste de pesquisa e inovação, 5, 2010, Maceio. **Anais...** Maceio: IFAL 2010.
- Andriolo, J.L.; Luz, G.L.; Bortolotto, O.C.; Godoi, R.S. Produtividade e qualidade de frutos de meloeiro cultivado em substrato com três doses de solução nutritiva. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 781-787, 2005.
- Bernardes, L. J. H. Hidroponia da alface: uma história de sucesso. São Paulo: Estação Experimental de Hidroponia "Alface e Cia", 1997. 135p.
- Borges, R.; Dal'Sotto, T. C. Estudo da viabilidade econômica de um sistema de cultivo hidropônico. In: Congresso brasileiro de engenharia de produção, 4, 2014, Ponta Grossa. **Anais...**Ponta Grossa: APREPO, 2014.
- BRASIL, Banco Central do Brasil, **Credito Rural**, 2014. Disponível em: <http://www.bcb.gov.br/?CREDITORURALFAQ>. Acesso em 15 dez. 2014.

- BRASIL, Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Divisão de agrologia – SUDENE. 1971. **Levantamento exploratório**. Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Rio de Janeiro: 1971. p. 670. (Boletim Técnico, 15).
- Castellane, P. D.; Araújo, J. A. C. **Cultivo sem solo: hidroponia**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 43p.
- 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**, n.26, n. 2, p.252-257, 2008.
- Costa, C. P.; Sala, F. C. A Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p.187-194, 2012.
- Costa, E. **Avaliação da produção de alface em função dos parâmetros climáticos em casas de vegetação com sistema hidropônico nos períodos de outono e inverno**. Campinas: UNICAMPI. 2001. 144 p. Dissertação Mestrado.
- Fernandes J. D.; Monteiro Filho, A. F.; Chaves L. H. G.; Gonçalves C.; P. Cruz M. P. Formulação de biofertilizante utilizando a ferramenta Solver do Microsoft Office. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, n.4, p.101-105, 2011.
- Furlani, P. R. **Cultivo de alface pela técnica de hidroponia - NFT**. Campinas: IAC, 1995. 18p. (Documentos, 55).
- Geisenhoff, L. O.; Pereira, G. M.; Faria, L. C.; Júnior, J. A. L. De; Costa, G. G.; Gatto, R. F. Viabilidade econômica da produção de alface hidropônica em Lavras – MG. **Agrarian**, v.2, n.6, p.61-69, 2010.
- Henz, G. P; Suinaga, F. **Tipos de alface cultivados no Brasil**. Embrapa hortaliças, Brasília, DF, 2009.

- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 777 p.
- Martin, N. B.; Serra, R.; Oliveira, M. D. M.; Ângelo, J. A.; Okawa, H. Sistema integrado de custos agropecuários – CUSTAGRI. **Informações Econômicas**, v. 28, n.1, p. 7-28, 1998.
- Martinez, H. E. P.; Silva Filho, J. B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. 3ª. Ed. Viçosa: UFV, 111p., 2006.
- Olshe, S.; Dourado-Neto, D.; Manfron, P. A.; Santos, O. S. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agricola**, v. 58, n.1, p.181-185, 2001.
- Potrich, A. C. G., Pinheiro, R. R., & Schmidt, D. Alface hidropônica como alternativa de produção de alimentos de forma sustentável. **Enciclopédia Biosfera**, v.8, n.15, p. 36-48, 2012.
- Rezende, R.; Helbel Junior, C.; Freitas, P. S. S. L.; Gonçalves, A. C. A.; Dallacort, R.; Frizzone, J. A. Diferentes soluções nutritivas aplicadas em duas vazões na produção hidropônica da cultura da alface. **Irriga**, v. 12, n. 3, p. 354-363, 2007.
- Rodrigues, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2002. 762 p.
- Santos, A. O.; Neto, B. L. R., Zwirtes, D. S., Da Silva, R. B., Yonenaga, W. H. Produção de alface hidropônica: uma abordagem pela dinâmica de sistemas. In: Congresso Brasileiro de Sistemas, 4, 2008, Franca. **Anais...**, Uni-Facet.
- Silva E. T; Schwonka F. Viabilidade econômica para a produção de alface no sistema hidropônico em Colombo, região metropolitana de Curitiba, PR. **Scientia Agraria**, v.2, n. 1-2, p. 126-132, 2001.

Soares, I. Alface; cultivo hidropônico. Fortaleza: Editora UFC. 2002. 50p

Souza, I. R. S.; Arbage, A. P.; Neumann, P. S.; Diesel, J. M. F. V.; Silveira, P. R.; Silva, A.; Baumhardt, C. C. E.; Lisboa, R. S. Comportamento de compra dos consumidores de frutas, legumes e verduras na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 38, n. 32, p. 511-517, 2008.

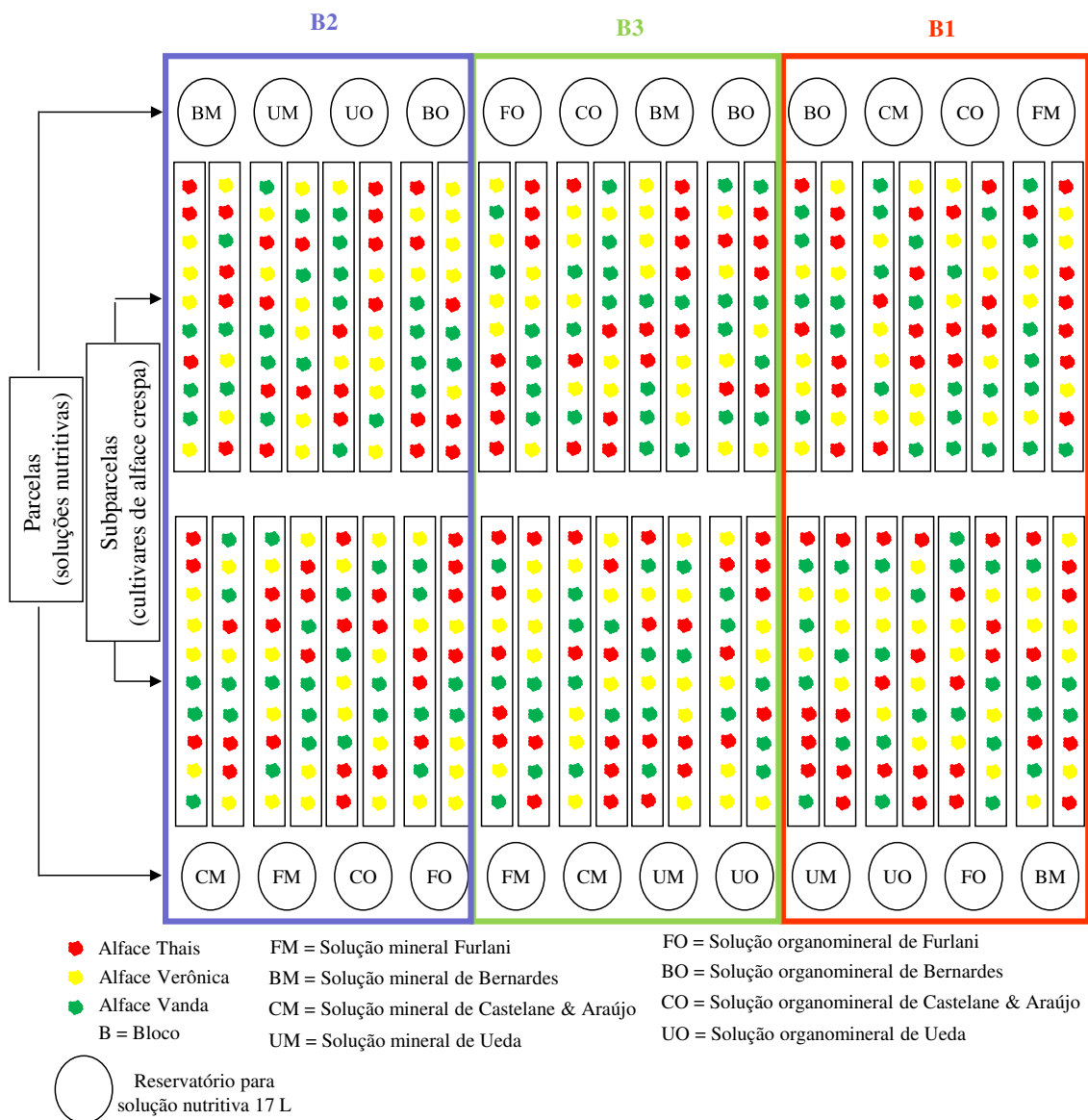
Ueda, S. Hidroponia: guia prático. São Paulo: Agrocasa-de-Vegetação, 1990. 50p.

Villela Júnior, L. V. E.; Araújo, J. A. C.; Factor, T. L. Análise do resfriamento da solução nutritiva para cultivo hidropônico do morangueiro. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 2, p.338-346, 2004.

## **APÊNDICES**



## Apêndice 1. Croqui da área experimental



**Apêndice 2.** Berçário para produção das mudas de alface crespa



**Apêndice 3.** Solução organomineral no reservatório de 17 L alimentando o sistema hidropônico



**Apêndice 4.** Vista panorâmica do experimento

