

UNIVERSIDADE DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
TERRITORIAL E MEIO AMBIENTE

JUSSARA SUTANI

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE
ALFACES EM SISTEMAS AQUAPÔNICO E HIDROPÔNICO

ARARAQUARA/SP

2021

JUSSARA SUTANI

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO DE CULTIVARES DE
ALFACES EM SISTEMAS AQUAPÔNICO E HIDROPÔNICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de mestrado da Universidade de Araraquara - UNIARA - como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

Orientadora: **Prof.^a. Dr.^a. Flávia Cristiana Sossae**

Coorientador: **Prof.^o. Dr.^o. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro**

ARARAQUARA/SP

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

S966a Sutani, Jussara

Avaliação do desempenho produtivo de cultivares de alfaces em sistemas aquapônico e hidropônico/Jussara Sutani. – Araraquara: Universidade de Araraquara, 2021.

114f.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente- Universidade de Araraquara-UNIARA

Área de concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade

Orientador: Profa. Dra. Flávia Cristina Sossae

Coorientador: Prof. Dr. Marcus Cesar Avezum Alves de Castro

1. Tilápia. 2. Lactuca sativa L. 3. Nutrientes. 4. Crescimento.
5. Parâmetros. I. Título.

CDU 577.4

FOLHA DE APROVAÇÃO

NOME DO(A) ALUNO(A): **Jussara Sutani**

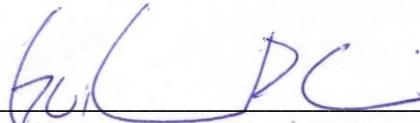
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, curso de Mestrado, da Universidade de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente.

Área de Concentração: Desenvolvimento Territorial e Alternativas de Sustentabilidade.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Gilmar da Silveira Sousa Junior
IMESB - Bebedouro



Prof. Dr. Guilherme Rossi Gorni
UNIARA - Araraquara



Profa. Dra. Flávia Cristina Sossae
UNIARA – Araraquara

Araraquara – SP 10 de junho de 2021

DEDICATÓRIA

"Quem acredita sempre alcança

Mas é claro que o sol
Vai voltar amanhã
Mais uma vez, eu sei

Escuridão já vi pior
De endoidecer gente sã
Espera que o sol já vem

Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena
Acreditar no sonho que se tem
Ou que seus planos nunca vão dar certo
Ou que você nunca vai ser alguém"

Renato Russo

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, meu senhor, de toda minha Fé, que ilumina meus passos e me guarda de todo mal.

Á minha esposa, **Nathalia Cruz**, de ter sido meu porto seguro, e toda confiança depositada em meus sonhos sem titubear em nenhum momento, pela paciência às irritações e choros.

Ao tio **Hélio Sutani**, pelo carinho de sempre, ajudando a trilhar meus cominhos e concretizar os meus sonhos.

Á minha mãe **Zilda Zoch Sutani**, que em todos os momentos de orações de Fé, que tudo supera e prospera.

Ao professor **Gilmar da Silveira Sousa Júnior**, pela amizade primeiramente, por ter sido meu apoio e aprendizado, pela confiança regada de carinho, pela dedicação à pesquisa que tanto amamos.

Á professora **Luciana Seki Dias**, pela amizade, confiança, paciência e palavras de incentivo o que me tornou forte e não desistir.

Ao professor **Guilherme Rossi Gorni**, pela confiança, paciência e tornar possível essa vitória.

Á professora **Flávia Cristina Sossae**, pela orientação, confiança e apoio que foi essencial para a realização deste trabalho.

Á **Universidade de Araraquara - UNIARA**, por tornar possível essa conquista e concretização desse sonho e por abrir as portas para essa oportunidade

Á **CAPES** pela bolsa concedida durante o curso.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Este estudo avaliou o desempenho produtivo de cultivares de *Lactuca sativa L* (alface) produzidas em sistema de aquaponia e hidroponia convencional, através das avaliações de crescimento entre as cultivares de alfaces roxa, americana, lisa e crespa e verificou a variabilidades dos parâmetros: condutividade elétrica; pH; Oxigênio Dissolvido; Temperatura ambiente; Umidade; Temperatura da água em ambos os sistemas. Os experimentos foram instalados em uma estufa agrícola, sendo dois tipos sistemas cultivos individuais, hidropônico e aquapônico aplicando a técnica NFT, transplantado 40 mudas de alface das cultivares, crespa, americana, roxa e lisa, que foram germinadas em badejas de poliestireno com substrato de fibra de coco. Para o sistema hidropônico, foi utilizado solução nutritiva convencional e o sistema aquapônico conduzido sob a aplicação eficiente da técnica com proporção biomassa (kg) de tilápias. As análises dos parâmetros de água e os dados de umidade e temperatura do ambiente foram realizadas diariamente. As características biométricas dos cultivares como número total de folhas (un.); massa fresca (úmida) do cultivares de alface (g); massa fresca (úmida) da alface fracionada em folhas, caule e raiz, (g); massa seca das folhas foram analisadas em ambos os sistemas. Nos dados obtidos aplicou-se análise estatística pelo Teste “T” *Student* e empregando variância pelo teste ANOVA. Durante o experimento os parâmetros ambientais permaneceram dentro dos limites aceitáveis para produção descrito em literatura e o parâmetro de oxigênio dissolvido foi o que apresentou maior descontrole estatístico. A temperatura nos tanques, em ambos os sistemas não apresentaram alterações no desempenho produtivos dos vegetais e peixes, A CE no sistema de aquaponia apresentou-se baixa, pois os nutrientes são de origem orgânica derivados dos resíduos dos peixes a hidroponia manteve-se a 1.5 (ms/cm) necessário para o crescimento dos cultivares. A hidroponia apresentou diferença estatística nos parâmetros massa fresca total, folhas, caule e massa seca das alfaces e obteve maior desempenho produtivo em todos dados coletados apenas no 1º experimento, o sistema foi semelhante ao cultivo hidropônico apenas para número de folhas e maior produtividade no 2º experimento para os parâmetros massa fresca total, folhas, caule, raiz e massa seca dos cultivares. Ambos os sistemas apresentaram ótima produtividade, porém o sistema de aquaponia se demonstrou semelhante à hidroponia no 2º experimento o que sugere a necessidade realizar a maturação dos nutrientes dissolvidos em água com maior tempo de recirculação do sistema, aliado a uma densidade adequada de peixes.

Palavras-chave: Tilápia, *Lactuca sativa L*, Nutrientes, Crescimento, Parâmetros.

ABSTRACT

This study evaluated the productive performance of *Lactuca sativa* L (lettuce) cultivars produced in aquaponics and conventional hydroponics system, through growth evaluations among purple, American, smooth and crisp lettuce cultivars and verified the variability of parameters: electrical conductivity ; pH; Dissolved oxygen; Room temperature; Moisture; Water temperature in both systems. The experiments were installed in an agricultural greenhouse, with two types of individual cultivation systems, hydroponic and aquaponic, applying the NFT technique, transplanting 40 lettuce seedlings of the cultivars, crisp, American, purple and smooth, which were germinated in polystyrene trays with substrate of coconut fiber. For the hydroponic system, a conventional nutrient solution was used and the aquaponic system was conducted under the efficient application of the technique with biomass proportion (kg) of tilapia. Analyzes of water parameters and data on humidity and temperature of the environment were performed daily. The biometric characteristics of cultivars as total number of leaves (un.); fresh (wet) mass of lettuce cultivars (g); fresh mass (moist) of lettuce divided into leaves, stem and root, (g); leaf dry mass were analyzed in both systems. Statistical analysis was applied to the data obtained by the “T” Student Test and using variance by the ANOVA test. During the experiment, the environmental parameters remained within acceptable limits for production described in the literature and the dissolved oxygen parameter was the one with the greatest statistical loss of control. The temperature in the tanks, in both systems did not show changes in the productive performance of vegetables and fish, The EC in the aquaponics system was low, as the nutrients are of organic origin derived from fish waste, the hydroponics remained at 1.5 (ms/cm) necessary for the growth of cultivars. The hydroponics showed statistical difference in the parameters total fresh mass, leaves, stem and dry mass of lettuces and obtained greater productive performance in all data collected only in the 1st experiment. The system was similar to hydroponic cultivation only for the number of leaves and higher productivity in the 2nd experiment for the parameters total gap, leaves, stem, root and dry mass of cultivars. Both systems showed excellent productivity, but the aquaponics system was similar to hydroponics in the 2nd experiment, which suggests the need to carry out the maturation of nutrients dissolved in water with longer system recirculation time, combined with an adequate fish density.

Keywords: Tilapia, *Lactuca sativa* L, Nutrients, Growth, Parameters

LISTA DE TABELAS

TABELA 01	Número de folhas do 1º e 2º experimento para o sistema de hidroponia.	71
TABELA 02	Teste-t do 1º e 2º experimento para hidroponia	72
TABELA 03	Número de folhas do 1º e 2º experimento para o sistema de aquaponia.	72
TABELA 04	Teste-t do 1º e 2º experimento para aquaponia	73
TABELA 05	ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia	74
TABELA 06	Massa fresca total dos cultivares de alfaces do 1º e 2º experimento para o sistema de hidroponia.	75
TABELA 07	Teste-t do 1º e 2º experimento para hidroponia	76
TABELA 08	Massa fresca total dos cultivares de alfaces do 1º e 2º experimento para o sistema de aquaponia.	76
TABELA 9	Teste-t do 1º e 2º experimento para aquaponia	78
TABELA 10	ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia	78
TABELA 11	Massa fresca fracionada em folhas do 1º e 2º experimento para o sistema de hidroponia.	80
TABELA 12	Teste-t do 1º e 2º experimento para hidroponia	80
TABELA 13	Massa fresca fracionada em folhas do 1º e 2º experimento para o sistema de aquaponia.	81
TABELA 14	Teste-t do 1º e 2º experimento para aquaponia	82
TABELA 15	ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia	83
TABELA 16	Massa fresca fracionada em caule do 1º e 2º experimento para o sistema de hidroponia.	84
TABELA 17	Teste-t do 1º e 2º experimento para hidroponia	85
TABELA 18	Massa fresca fracionada em caule do 1º e 2º experimento para o sistema de aquaponia.	85
TABELA 19	Teste-t do 1º e 2º experimento para aquaponia	86
TABELA 20	ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia	86
TABELA 21	Massa fresca fracionada em raiz do 1º e 2º experimento para o sistema de hidroponia.	88
TABELA 22	Teste-t do 1º e 2º experimento para hidroponia	88
TABELA 23	Massa fresca fracionada em raiz do 1º e 2º experimento para o sistema de aquaponia.	89
TABELA 24	Teste-t do 1º e 2º experimento para aquaponia	90
TABELA 25	ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia	90
TABELA 26	Massa seca das folhas 1º e 2º experimento para o sistema de hidroponia.	92
TABELA 27	Teste-t do 1º e 2º experimento para hidroponia	93
TABELA 28	Massa seca das folhas 1º e 2º experimento para o sistema de aquaponia.	93
TABELA 29	Teste-t do 1º e 2º experimento para hidroponia	94
TABELA 30	ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia	94
TABELA 31	Monitoramento de consumo de água e reposição nutricional, HP. do 1º experimento.	96
TABELA 32	Monitoramento de consumo de água e reposição nutricional, HP. do 2º experimento.	97
TABELA 33	Monitoramento de consumo de água e reposição nutricional, AP. do 1º experimento.	97
TABELA 34	Monitoramento de consumo de água e reposição nutricional, AP. do 2º experimento.	97

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Elementos químicos essenciais para desenvolvimento das plantas.	18
FIGURA 2	Interação entre os componentes biológicos em aquaponia.	21
FIGURA 3	Alface Roxa Batavia Cacimba.	28
FIGURA 4	Alface Crespa Itapuã Super.	28
FIGURA 5	Alface Lisa Gamboa.	28
FIGURA 6	Alface Americana Delícia	28
FIGURA 7	Estufa agrícola modelo em arco localizada na empresa de Aquaponia no município de Araraquara – SP.	30
FIGURA 8	Sistema de aquaponia montado utilizado durante o experimento.	32
FIGURA 9	Fornecimento de 70 g de ração extrusada diário.	33
FIGURA 10	Overflow, as setas indicam a saída de resíduos orgânicos do tanque de criação de peixes.	33
FIGURA 11	Filtro de Sedimentação, as setas indicam a entrada de resíduos orgânicos e saída de água para o filtro biológico.	34
FIGURA 12	Filtro Biológico, as setas indicam a entrada de água livre de resíduos sólidos e saída de água com nutrientes, por bomba submersa.	35
FIGURA 13	Croqui do Sistema de Aquaponia: A água escoo do Tanque de criação de peixes (TC) para o filtro de sedimentação; A água escoo do (FS) Filtro sedimentação para o filtro biológico; A água é bombeada do Filtro Biológico (FB) para a bancada hidropônica; A água retorna da Bancada Hidropônica (BH) a través do Coletor (C) para o tanque dos peixes.	35
FIGURA 14	Pesagem da biomassa de peixe (<i>Oreochromis niloticus</i>).	36
FIGURA 15	Sistema de hidroponia utilizado no experimento na estufa.	37
FIGURA 16	Resultados parâmetros ambientais da temperatura °C 1º experimento.	41
FIGURA 17	Resultados parâmetros ambientais da temperatura °C do 2º experimento.	42
FIGURA 18	Resultados parâmetros ambientais da umidade % do 1º experimento.	42
FIGURA 19	Resultados parâmetros ambientais da umidade % do 2º experimento.	43
FIGURA 20	Resultados parâmetros da água para temperatura °C no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 1º Experimento.	44
FIGURA 21	Resultados parâmetros da água para temperatura °C no retorno da bancada do sistema de aquaponia. 1º Experimento.	45
FIGURA 22	Resultados parâmetros da água para temperatura °C no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 2º Experimento.	45
FIGURA 23	Resultados parâmetros da água para temperatura °C no retorno da bancada do sistema de aquaponia. 2º Experimento.	46
FIGURA 24	Resultados parâmetros da água para temperatura °C no tanque de soluções do sistema de hidroponia. 1º Experimento.	47
FIGURA 25	Resultados parâmetros da água para temperatura °C no tanque retorno da bancada de hidroponia. 1º Experimento.	47
FIGURA 26	Resultados parâmetros da água para temperatura °C no tanque de soluções do sistema de hidroponia. 2º Experimento.	48
FIGURA 27	Resultados parâmetros da água para temperatura °C no tanque retorno da bancada de hidroponia. 2º Experimento	48
FIGURA 28	Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 1º Experimento.	50
FIGURA 29	Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de retorno do sistema de aquaponia. 1º Experimento.	51
FIGURA 30	Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 2º Experimento.	51
FIGURA 31	Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de retorno do sistema de aquaponia. 2º Experimento	52
FIGURA 32	Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de solução do sistema de hidroponia. 1º Experimento.	53
FIGURA 33	Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 1º Experimento.	53

FIGURA 34	Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de solução do sistema de hidroponia. 2º Experimento.	55
FIGURA 34	Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 2º Experimento.	55
FIGURA 36	Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de peixes do sistema de aquaponia. 1º Experimento.	56
FIGURA 37	Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de aquaponia. 1º Experimento.	56
FIGURA 38	Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 2º Experimento.	57
FIGURA 39	Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de aquaponia. 2º Experimento.	57
FIGURA 40	Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de solução do sistema de hidroponia. 1º Experimento.	58
FIGURA 41	Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 1º Experimento.	59
FIGURA 42	Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de solução do sistema de hidroponia. 2º Experimento.	59
FIGURA 43	Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 2º Experimento.	60
FIGURA 44	Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 1º Experimento.	62
FIGURA 45	Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de aquaponia. 1º Experimento.	62
FIGURA 46	Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 2º Experimento.	63
FIGURA 47	Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de aquaponia. 2º Experimento.	63
FIGURA 48	Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de solução do sistema de hidroponia. 1º Experimento.	64
FIGURA 49	Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 1º Experimento.	64
FIGURA 50	Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de solução do sistema de hidroponia. 2º Experimento.	65
FIGURA 51	Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 2º Experimento.	65
FIGURA 52	Resultados parâmetros da água para pH no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 1º Experimento.	67
FIGURA 53	Resultados parâmetros da água para pH no tanque de retorno da bancada do sistema de aquaponia. 1º Experimento.	67
FIGURA 54	Resultados parâmetros da água para pH no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 2º Experimento.	68
FIGURA 55	Resultados parâmetros da água para pH no tanque de retorno da bancada do sistema de aquaponia. 2º Experimento.	68
FIGURA 56	Resultados parâmetros da água para pH no tanque de solução do sistema de hidroponia. 1º Experimento.	69
FIGURA 57	Resultados parâmetros da água para pH no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 1º Experimento.	69
FIGURA 58	Resultados parâmetros da água para pH no tanque de solução do sistema de hidroponia. 2º Experimento.	70
FIGURA 59	Resultados parâmetros da água para pH no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 2º Experimento.	70
FIGURA 60	ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia	74
FIGURA 61	ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia	79
FIGURA 62	ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia	83
FIGURA 63	ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia	87
FIGURA 64	ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia	91
FIGURA 65	ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ap	Aquaponia
B	Boro
C	Carbono
Ca	Cálcio
Cu	Cobre
Cm	Centímetro
Cl	Cloro
Epi's	Equipamento de proteção individual
EC	Condutividade elétrica
Fe	Ferro
G	Gramma
H	Hidrogênio
H+	Íons de hidrogênio
Hp	Hidroponia
K	Potássio
L	Litros
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
N	Nitrogênio
NFT	Nutrient film technique
O	Oxigênio
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
PVC	Policloreto de vinil
RAS	Sistema de recirculação da aquicultura
S	Enxofre
TC	Tanque de criação
Un	Unidade
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	13
2.LEVANTAMENTO DA LITERATURA	17
2.1 Hidroponia	17
2.2 Aquaponia	20
2.3 Nutrição Mineral	24
2.4 Descrição Botânica de Alfaces	27
3. Objetivo Geral	29
3.1. Objetivos Específicos	29
4. Material e Métodos	30
4.2 Sistema aquapônico de produção (AP)	31
4.3 Sistema hidropônico de produção (HP)	37
4.5 Análise de Variáveis	38
4.5.1 Água e ambiente.	38
4.5.2. Análise botânica folhares e radiculares dos cultivares de alface	38
4.5.3 Estimativa de consumo de água entre os sistemas de produção	39
4.6 Monitoramento dos cultivares de alfaces nos sistemas aquapônicos e hidropônicos.	39
4.7. Análise estatística	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1 Análise das variáveis do ambiente	40
5.2 Análise dos parâmetros da água	43
5.3 Análise botânica folhares e radiculares dos cultivares de alface	71
5.3.1 Número total de folhas (un.)	71
5.3.2 Massa fresca total dos cultivares de alface (g).	75
5.3.3 Massa fresca das cultivares fracionada em folhas	80
5.3.4 Massa fresca das cultivares fracionada em caule	84
5.3.5 Massa fresca das cultivares fracionada em raiz	88
5.3.6 Massa da massa seca das folhas dos cultivares.	92
5.4 Monitoramento de consumo de água e reposição de nutricional Sistema Hidropônico	97
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	100
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
8. ANEXO MONITORAMENTO DE TESTE COLORIMÉTRICOS – SISTEMA DE AQUAPONIA	109
9. ANEXO MONITORAMENTO EXPERIMENTO – TEMPERATURA – UMIDADE AMBIENTE	110
10. ANEXO MONITORAMENTO DE PARÂMETRO ÁGUA – SISTEMAS DE AQUAPONIA E HIDROPONIA	111
11. ANEXO MONITORAMENTO DE N° FOLHAS– SISTEMAS DE HIDROPONIA E AQUAPONIA	112
12. ANEXO MONITORAMENTO DE AMOSTRAS – SISTEMA DE AQUAPONIA	114

1. INTRODUÇÃO

A agricultura no Brasil originou-se dos pacotes tecnológicos do governo, traduzidos em crescimento econômico conhecido como Revolução Verde, na década de 70, e apresentou-se um aumento na produção agrícola e pecuária nacional aliados a uma série de ações políticas direcionadas aos estabelecimentos rurais patronais. O modelo de agricultura praticado naquele período era formado por grandes produtores e contribuiu muito tanto para o aumento da produtividade rural quanto para serviços de mão de obra e o crescimento de indústrias (VOGT, 2019).

O termo da agricultura familiar serve para indicar a produção agrária e agropecuária, uma das características do campesinato como grupo. Uma estrutura camponesa se caracteriza pelo acesso estável à terra (propriedade ou usufruto), pelo predomínio do trabalho familiar, pela autossustentância (sem exclusão ao vínculo com o mercado) e certa autonomia na gestão das atividades agrícolas. Esse grau de autonomia é referente à organização da produção imediata pela capacidade de auto exploração da força de trabalho. A agricultura familiar, cita o desenvolvimento do capitalismo no Brasil, destacando não mais a exclusão social e a política do campesinato, mas sim as formas de sua subordinação e integração (STOTZ, 2012).

O processo de modernização da agricultura, nas décadas de 80, veio através da agricultura familiar transformando-se para uma produção padronizada e contínua de alimento para suprir as demandas dos grandes complexos industriais e mercado alimentício, forçando o uso de tecnologias e insumos químicos, o que trouxe vários impactos negativos, principalmente no âmbito social e ambiental e com relação direta com a produção de alimentos, ou seja, alimentos produzidos com alta carga de agrotóxicos e perda de diversidade pelos cultivos de monoculturas (WANDERLEY, 2014).

A produção de alimentos depende da disponibilidade de recursos naturais, como terra, água doce e energia, e atualmente o consumo exagerado junto a degradação desses recursos são excedentes, apontando limites ambientais com que a humanidade pode usufruir com segurança, em relação a sua escassez. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, cita que é preciso traçar ações com prioridade na produção sustentável de alimentos e ainda minimizar os impactos ambientais (ONU, 2015). O grande desafio global sobre a produção alimentícia, é a diminuição do uso de recursos naturais associados a sistemas integrados de

produção que apontam para um desenvolvimento futuro de tecnologias, baseado em um paradigma eco econômico equilibrado (CONIJN, et al. 2018; STEFFEN, et al. 2015)

A degradação generalizada da terra em conjunto à problemas ambientais, resultado da infertilidade do solo e escassez de água potável, torna a produção agrícola de solo, incapaz de suprir a demanda populacional global, que está crescendo rapidamente e se urbanizando. Com o crescimento urbano, a demandas por alimentos intensivos, determinam que há uma necessidade urgente, não apenas na forma de encontrar tecnologia inovadoras de cultivar alimentos nutritivos economicamente, mas também com instalações de produção de alimentos, localizadas mais próximas dos consumidores (WOENSEL, *et al.* 2015; SAATH, 2018).

O cultivo sem uso de solo, tem se tornado mais presentes nas últimas décadas, sendo adotado o meio de cultivo protegido como a técnica da hidroponia. A hidroponia convencional é utilizada para promover a recirculação de uma solução nutritiva possibilitando o cultivo durante o ano todo, facilitando o manejo de culturas, oferecendo um produto final muito mais limpo, proporcionando ao consumidor maior praticidade na limpeza do produto antes de ser consumido, com uso de estufas agrícolas, possibilita o controle e parcialmente das condições ambientais, e a produção em meio urbano, perto dos consumidores finais (SANCHEZ, 2007).

Alguns fatores contribuem para a desvantagem da produção em hidroponia convencional, agricultores que trabalham com cultivo em sistemas hidropônicos, apresentam custos de produção maiores na compra de insumos como fertilizantes químicos, comumente usados em hidroponia que requerem um consumo intensivo para o crescimento vegetal. Outra desvantagem é a forma de controle das doenças que demanda o uso de agrotóxicos. A aplicações de agrotóxicos em estruturas fechadas, como estufas agrícolas é considerado uma prática perigosa da pulverização, exigindo maior rigor na utilização de equipamentos de proteção individual (EPI's) (LOPES, 2015).

Alface é a hortaliça mais cultivada, representado atualmente cerca de 80% da produção brasileira, por apresentar facilidade de cultivo, período entre semeadura e colheita rápida e grande demanda pelo mercado e para uma agricultura eficiente, a relação raiz e parte foliar das plantas é um dado importante para delinear o crescimento vegetal. Estudos recentes sobre o crescimento da alface em sistemas de aquaponia e hidroponia, foram observados níveis mais

baixos de nutrientes em sistemas aquapônicos, porém vários pesquisadores relataram um rendimento de produção similar. No entanto, poucas pesquisas científicas com ensaios comparativos em escalas comerciais foram realizadas para comprovar taxa de crescimento e produção da planta, e muitas comparações científicas em pequena escala não foi baseado em sistemas aquapônicos em pleno funcionamento (DELAIDE, 2016; COSTA, 2011; LENNARD, 2019).

A Aquaponia é uma técnica que oferece nutrientes dissolvidos na água, e é, portanto, semelhante aos métodos de produção hidropônicas convencional, servindo como ótima abordagem comparativa de produção e crescimento de vegetais. Além disso, a hidroponia é uma indústria de produção hortícola comercialmente e financeiramente viável, amplamente utilizada no mundo, e possui gastos de capital e custos de produção semelhantes aos da técnica da aquaponia, especificamente em termos de cultura vegetal. Portanto, se as taxas de produção de plantas dentro do sistema de aquaponia se mostrarem ser maiores em relação à hidroponia, isso pode lançar alguma luz sobre a potencial viabilidade comercial e financeira dos métodos e técnicas de produção aquapônicas, pois a técnica oferece dois cultivos simultâneos compatível a comercialização. (CARVALHO, 2017; CORRÊA, 2016)

O conceito da aquaponia foi desenvolvido devido à necessidade de reciclagem de nutrientes dos resíduos da aquicultura, reduzindo os impactos da eutrofização no leito dos rios, oferecendo um potencial de sustentabilidade na produção agrícola combinando os benefícios da agricultura ambiental controlada e intensiva. Em uma unidade aquapônica, a água do tanque de peixes passa por filtros sedimentadores onde os resíduos de peixe são removidos e através de um filtro biológico, local onde as bactérias promovem o ciclo do nitrogênio transformando as toxinas presentes na água em nutriente acessível para as plantas. Este processo é chamado nitrificação. A água, contendo nitrato e diversos nutrientes percorre pelos canteiros de plantas, pelo sistema de irrigação e retorna ao tanque de peixes purificada, fechando um ciclo de recirculação. Esse processo permite que os peixes, plantas e bactérias prosperem simbioticamente e trabalham juntos para criar um ambiente saudável de crescimento um para o outro, desde que o sistema esteja adequadamente equilibrado (GODDEK, 2019; YANG, 2020).

A busca por alimentos saudáveis livres de resíduos de agrotóxicos e o aumento da consciência ambiental, têm pressionado as instituições de pesquisa a buscar técnicas de produção alimentícia com menor uso de químicos. Acredita-se que a técnica de aquaponia vai

se tornar um método amplamente aceito na produção sustentável de alimentos em um futuro próximo, o sistema aquapônico pode reduzir o uso de água potável, minimizar a descarga de resíduos tóxicos (principalmente aquícolas) para o meio ambiente, além de melhorar a rentabilidade por meio da produção simultânea de duas culturas rentáveis, plantas e peixes (TYSON, 2008; HUNDLEY, 2013).

A aquaponia como sistema de produção alimentícia, pode transformar o modo de vida de agricultores familiares permitindo que eles produzam alimentos para o sustento da família e comercialização, com menor custo de produção associado a uma tecnologia inovadora e sustentável. No entanto, o sistema de produção aquapônica é uma técnica relativamente nova, sua aceitação dependerá da capacidade de produção que supere ou se iguale ao dos cultivos hidropônicos. Comparar o rendimento da colheita, desempenho de crescimento e produtivo, se faz necessário, considerando que poucos estudos estão disponíveis comparando os rendimentos dos sistemas aquapônico e hidropônico.

2. LEVANTAMENTO DA LITERATURA

2.1 Hidroponia

A palavra hidroponia tem definição grega *hydro* = água e *ponos* = trabalho que significa trabalhar com água, com conceito de um sistema de cultivo que não utiliza o solo. Toda nutrição das plantas se faz com irrigação de suas raízes o que diminuí muito o risco de contaminações das folhas que possuirão aparência mais bonita e saudável. Com essa técnica isso se obtém controle de doenças e pragas e o custo com mão de obra reduz. Além disso, a quantidade e disponibilidade de nutrientes é realizada de maneira homogênea para todas as plantas que absorvem somente a quantidade necessária de água e nutrientes possibilitando o cultivo de todos os tipos de hortaliças, plantas ornamentais e forrageiras (ABREU, 2012).

O cultivo hidropônico iniciou-se na França e Inglaterra, respectivamente durante o século XVII. No século XX, pesquisadores apresentou os primeiros estudos sobre as soluções nutritivas, com base na dissolução de sais em água destilada. Estudos referentes ao ajuste da solução nutritiva foi realizado na Alemanha o ano de 1699 e as propostas de soluções encontrados na pesquisa são utilizadas até hoje, sendo necessárias apenas pequenas alterações. Já no ano de 1965 foi desenvolvimento a técnica da hidroponia para produção comercial com

conceito de NFT (*Nutrient Film Technique*), chamada Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes (GEISENHOF et al. 2009; SANCHEZ, 2007).

No Brasil, o cultivo hidropônico se deu através do engenheiro Shigueru Ueda nos anos de 1985, foi pioneiro a utilizar no cultivo de morango e alface. Esta técnica de produção ganhou destaque, pois, possibilitava a economia de 15 % à 29 % da água requerida para a produção em comparação com a produção no solo e colaborava com expectativas de sustentabilidade dos sistemas de produção através da redução do consumo de água e na eficiência no uso de fertilizantes químicos e agrotóxicos, que era usados em grandes quantidades em solos (SANCHEZ, 2007).

Um dos princípios básicos para produção vegetal em sistemas de cultivo sem solo é o fornecimento de todos os nutrientes necessários. Assim, em um sistema hidropônico ficam dissolvidos na água todos os elementos químicos em solução que são os nutrientes fundamentais disponíveis para o crescimento das plantas (Figura 1).

FIGURA 1: Elementos químicos essenciais para desenvolvimento das plantas.

Elemeto	Sigla	Elemento	Sigla
Carbono	C	Magnésio	Mg
Hidrogênio	H	Manganês	Mn
Oxigênio	O	Ferro	Fe
Nitrogênio	N	Zinco	Zn
Fósforo	P	Boro	B
Potássio	K	Cobre	Cu
Enxofre	S	Molibdênio	Mo
Cálcio	Ca	Cloro	Cl

Fonte: RAKOCY (2007).

Entre os elementos citados, existe uma divisão, conforme sua origem: Orgânicos: C, H, O; Minerais: macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S; micronutrientes: Mn, Fe, B, Zn, Cu, Mo, Cl. As plantas apresentam em torno de 90 a 95% do seu peso em C, H, O e esses elementos orgânicos, provêm do ar e da água, abundantes em nosso sistema. Mas para os elementos minerais, cada macronutrientes e micronutrientes exerce pelo menos uma função

dentro do ser vegetal e a sua deficiência ou excesso provoca sintomas de carência, ou de toxidez, característicos (SANTOS, 2011; RAKOCY, 2007).

A classificação desses nutrientes é muito útil na identificação de sintomas de deficiência de um determinado elemento. A visualização das deficiências de N e de B, ocasionam sintomas em folhas velhas e mais jovens da planta (pontos de crescimento), respectivamente. Geralmente, nos hidropônicos, a absorção nutricional é proporcional à concentração da solução química e sua composição ideal não depende não somente da quantidade de nutrientes, mas também de fatores ligados a fatores do ambiente, a época do ano, tempo de exposição luz solar, a espécie vegetal e o cultivar em produção (FURLANI, et al, 2009).

A técnica desenvolvida por Allen Cooper em 1965 e originalmente denominada “*Nutrient Film Technique*” (NFT) consiste na passagem de uma lâmina de solução nutritiva por uma canaleta contendo as plantas (FURLANI, 1995). O sistema consiste em uma canaleta (bancada), em geral suspenso (em torno de 1,0 m), podendo ser fabricado com diversos materiais, e usualmente são de tubos de PVC. As bancadas têm uma inclinação de 2 % à 4 % para permitir a circulação normal da solução. Algumas empresas têm colocado no mercado canais de cultivo em forma de tubos de polipropileno achatados com orifícios para a fixação das raízes das plantas (SANCHEZ, 2007).

Martinez (2016) realizou um estudo comparativo da tecnologia hidropônica ao cultivo convencional, utilizando a técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT). Em sua comparação realizou-se análises para quantificar macro e micronutrientes. Foi observado uma grande economia no consumo de água graças ao processo de recirculação do sistema hidropônico, gerando um consumo de cerca de 40 mil litros/mês. A técnica não apresenta desperdício de água e nutrientes, a economia de água em relação ao solo é de cerca de 70% e a produtividade em relação ao solo aumenta em cerca de 30%. Em relação à produtividade, as características visuais das alfaces destacaram-se no sistema de hidroponia e em relação às análises laboratoriais, foi possível constatar poucas variações de macro e micronutrientes e todas as cultivares avaliadas apresentaram boa produtividade, observando que as alfaces hidropônicas apresentam uma carga superior de macro e micronutrientes se comparada à convencional.

Hoje o sistema NFT é o mais utilizado comercialmente, pois apresenta diversas vantagens proporcionadas pelos sistemas hidropônicos citando: melhor controle sobre a composição dos nutrientes químicos de acordo com necessidades nutricionais de cada planta

fornecidos às plantas; maior produtividade alcançada com as plantas cultivadas sendo de suma importância para a produção em escala comercial; redução no ciclo da cultura e maior produtividade; menor consumo de água e de fertilizantes. O cultivo hidropônico é produzido em ambiente protegido como estufas agrícolas, que contribui para diminuição da evaporação, e não há perda por lixiviação. Ao contrário, do que acontece nos cultivos em solos que contribui para perdas de fertilizantes por lixiviação, além de perdas dos nutrientes minerais pelas precipitações. No cultivo hidropônico as operações como aração, gradagem, coveamento, sulcamento e capina, não são utilizadas, gerando menor custo de mão de obra. Há um maior controle fitossanitário, pois ao final de cada ciclo de produção, toda bancada de produção é desinfetada, assim como todos material utilizado. (NETO, et al. 2017; GEISENHOFF et al. 2009; SOARES, 2015).

A absorção de nutrientes considera-se seletiva a depender da variedade das plantas, sendo necessária a reposição dos nutrientes durante o seu desenvolvimento, fazer a reposição sem afetar o balanço nas concentrações da solução nutritiva, é o maior desafio das produções hidropônicas, o que pode ser considerado desvantagem no cultivo hidropônico, além de pontuar os custos de investimento inicial elevado, pois é necessário adquirir infraestrutura especializada como estufas, bancadas, perfis hidropônicos, tanque, sistema hidráulico, sistema elétrico, etc. O sistema hidropônico exige também, conhecimento técnico além de monitoramento da solução nutritiva, automação no controle de bombas para a irrigação das plantas e pode apresentar insucesso na produção, devido à falta de conhecimento dos aspectos nutricionais da planta, recorrendo a mão de obra especializada. O cultivo sem solo pode apresentar também: risco de perda de produção por falta de energia elétrica, contaminação da água por patógenos quando se usa água de córregos, riachos, rios ou poços rasos; necessita de acompanhamento diário junto à produção para monitoramento de pragas, deficiências nutricionais, reposição das soluções nutritivas e principalmente para certificar-se funcionamento no sistema elétrico que faz o bombeamento das soluções nutritivas (NETO, 2012; NETO, et al., 2017).

2.2 Aquaponia

A palavra “aquaponia” é derivada da combinação entre “aquicultura” (produção de organismos aquáticos) e “hidroponia” (produção de plantas sem solo) referindo-se à

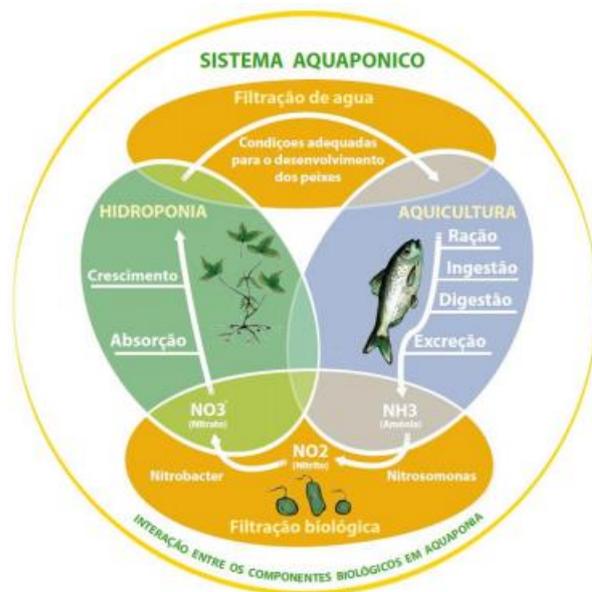
integração destes cultivos. Em uma unidade aquapônica, a água do tanque de peixes passa por filtros sedimentadores onde os resíduos de peixe são removidos e através de um filtro biológico, local onde as bactérias promovem o ciclo do nitrogênio transformando as toxinas presentes na água em nutriente acessível para as plantas. Este processo é chamado nitrificação. A água, contendo nitrato e diversos nutrientes viaja pelos canteiros de plantas, pelo sistema de irrigação e retorna ao tanque de peixes purificada, fechando um ciclo de recirculação. Esse processo permite que os peixes, plantas e bactérias prosperem simbioticamente e trabalham juntos para criar um ambiente saudável de crescimento um para o outro, desde que o sistema esteja adequadamente equilibrado (GODDEK, 2019).

O conceito do uso de resíduos orgânicos de excrementos de peixes para fertilizar plantas existe há milênios, com civilizações antigas na Ásia e na América do Sul aplicando esse método. No final da década de 1970 e 1980, instituições acadêmicas norte-americanas e europeias pesquisaram uma forma de evoluir a aquaponia básica em modernos sistemas de produção de alimentos, a maioria das tentativas de integrar hidroponia e aquicultura teve sucesso limitado. Somente em 1990 vieram os avanços no design de sistemas de biofiltração e identificação das proporções ótimas de peixe e planta, que levaram à criação de sistemas fechados que permitam a recirculação de água e nutrientes para o crescimento das plantas. Embora em uso desde os anos 80, ainda é um método relativamente novo de produção de alimentos com apenas um pequeno número de centros de pesquisa e profissionais em todo o mundo com experiência aquapônica abrangente (SOMERVILLE, et al., 2014).

A aquaponia é conhecida com um sistema em simbiose, pois um ecossistema aproveita os subprodutos de outro em seu benefício, o sistema é formado por três importantes locais e ecossistemas: tanque onde se adensa o cultivo dos organismos aquáticos, que envolve a criação intensiva de peixes, produzindo resíduos através dos excrementos, ricos nutrientes colaborando na nutrição de microrganismos e plantas ; o sistema de filtros para tratamento dos efluentes, promovendo constante e continuamente nutrientes pelas bactérias nitrificantes; o canteiro como ambiente de cultivo dos vegetais, que são como unidades de fitodepuração, que através do sistema radicular reduz as concentrações de toxinas da água. Todo o processo é visualizado no ciclo da aquaponia, Figura 2. A técnica requer conhecimentos para que funcione em pleno equilíbrio e a compreensão dos elementos biológicos envolvidos, é fundamental para que o sistema produza satisfatoriamente. Nenhum produto químico pode ser

adicionado ou pulverizado, pois os ciclos naturais formados por bactérias e peixes, é ambientalmente ecológica (LISBÔA, 2019; SOMERVILLE et al., 2014)

FIGURA 2- Interação entre os componentes biológicos em aquaponia.



Fonte: CANASTRA, 2017.

A capacidade do sistema de aquaponia em converter os resíduos de peixes em alimento vegetal, está correlacionado à saúde e maturidade das suas populações de bactérias nitrificantes. Com o tempo essas colônias de bactérias ficam mais estáveis em seu ciclo de produção e morte, assim o sistema tem a capacidade de autorregulação e equilíbrio na produção de nutrientes. A solução rica em nutrientes orgânicos nunca precisa ser substituída uma vez que a água provém interinamente dos tanques de criação dos peixes, resultado da alimentação e respiração dos peixes. Metade dos nutrientes provêm do processo alimentar, pelas fezes produzidas e pelos restos de alimentação não consumida dos peixes e a amônia é o produto de excreção resultante da respiração dos peixes. Ambos os processos, respiração e alimentação são degradados continuamente pelas bactérias, completando o ciclo nutricional (CANASTRA, 2017).

O sistema aquapônico apresenta grande vantagem frente a outros tipos de sistemas produtivos, pois trabalha com dois tipos de produtos simultâneos, peixes e hortaliças, podendo ser implantado desde pequenos, médios e grandes sistemas de cultivo de produção. Além dessas, podemos citar outras vantagens e benefícios como: produção de peixes e olerícolas sem geração de efluentes poluentes a serem descartados no solo; economia de 90%

de água, pois se trata de um sistema de recirculação, sendo assim, a única água que repõe no sistema é a quantidade absorvida pela planta e pela atmosfera; associa-se aos benefícios do cultivo hidropônico (precocidade, padronização de produto, ergonomia no trabalho, maior qualidade sanitária, redução de defensivos, menor custo de produção, utilização de áreas impróprias para cultivo em solo); maior produção em uma menor de área; tecnologia de biossegurança: baixíssima probabilidade de escape de peixes ou de patógenos para ambientes aquáticos naturais; redução de custos com mão de obra; possibilidade de alimento no meio urbano, próximo do consumidor final; vegetais mais saudáveis com maior tempo de durabilidade; reduzido prejuízo e dano resultante de pragas e ervas daninhas; maximização do uso de recursos e aproveitamento de dejetos produzidos pelos peixes, através da mineralização aumentando a potencialidade dos nutrientes; diversificação da produção e geração contínua de renda; forma de produção divertida e educativa (CORRÊA, 2016; GODDEK, 2019).

Dentro da técnica da aquaponia, todo efluente produzido na aquicultura não é liberado ao meio ambiente sendo reutilizado e transformado em nutrientes para as plantas que são fornecidos de uma fonte sustentável, econômica e não química. Essa técnica foi identificada como uma abordagem agrícola que pode ajudar abordando metas de desenvolvimento sustentável, particularmente para regiões áridas onde a terra e a água são limitadas, preconizando também, a reutilização total da água, evitando seu desperdício. O volume de água necessário para esse sistema é muito baixo se comparado aos sistemas tradicionais de agricultura e aquicultura. Uma vez abastecido e em funcionamento, o sistema de aquaponia poderá ficar por tempo indefinido sem a necessidade de troca de água, sendo necessária somente a reposição perdida pela evaporação do ambiente e pela absorção das plantas. (CARNEIRO et al, 2015).

O cultivo de peixes associado à produção vegetal é uma técnica potencialmente sustentável, capaz de gerar produtos de origem animal e vegetal de alta qualidade sem o uso de agrotóxicos. A qualidade dos alimentos e suas interferências na saúde passaram a ter destaque especial dentre os fatores que levam o consumidor à escolha de um produto diferenciado no mercado. Esses alimentos orgânicos têm apresentado grande aceitação e, dessa forma, encontrar maneiras de cultivá-los por meio da técnica aquapônica é uma forma de agregar valor ao produto, tornando-o nutricional e economicamente viável (SATIRO, 2018).

Carvalho (2017) avaliou a produtividade da alface em sistema aquapônico e em cultivo hidropônico, analisando os parâmetros limnológicos da qualidade da água, observando que o sistema aquapônico pode ser empregado por qualquer produtor, levando em consideração o baixo custo, a renovação da água sem desperdícios, produto com alto valor agregado (orgânico), e ainda um maior rendimento pelo fato de produzir dois produtos completamente distintos. Constatou-se a importância dos parâmetros limnológicos da qualidade da água, sendo este fundamental para o equilíbrio produtivo tanto dos peixes como das alfaces e para a produtividade aquapônica se igualar, ou superar as do sistema hidropônico, é necessário aumentar a quantidade de biomassa (quilos) dos peixes para consequentemente aumentar os nutrientes absorvíveis para as plantas.

Para Delaide (2016) os sistemas aquapônicos podem superar as taxas de crescimento encontradas nos sistemas convencionais de hidroponia. Citando que as soluções nutricionais na aquaponia, tem concentrações significativamente mais baixas de nutrientes apresentam rendimentos equivalentes à solução hidropônica. Conclui-se que a aplicação de água em sistema de recirculação, estimula a raiz e crescimento em seu crescimento, e sugere-se novos estudos para identificar as características de crescimentos das plantas e suas concentrações ideais de nutrientes para seu desenvolvimento. Além disso, é necessário entender a microbiota disponível tanto na água quanto na rizosfera devendo ser identificada e analisada.

O sistema aquapônico é conhecido como uma tecnologia inovadora que foi testada e validada em vários países nos últimos 20 anos, porém ele é ainda considerado relativamente novo no Brasil possuindo uma literatura é escassa, com algumas publicações recentes. Pesquisadores de algumas universidades e a Embrapa iniciaram seus primeiros ensaios experimentais, devido expectativa de que essa forma sustentável de produção de alimentos torne-se popular em nosso país.

2.3 Alface (*Lactuca sativa* L.)

A alface (*Lactuca sativa* L.) por ser uma das hortaliças mais populares e consumidas no Brasil foi escolhida para o desenvolvimento desse projeto Ela é uma planta anual, originária de clima temperado, pertencente à família Asteraceae, de porte herbáceo, caule reduzido e não ramificado com folhas grandes, lisas ou crespas, fechando-se ou não na forma de uma cabeça. Possui um sistema radicular pivotante de ramificações finas e curtas, podendo atingir até 60cm de profundidade. A alface é a folhosa mais consumida no Brasil por esbanjar

qualidades, como riquíssima fonte de vitaminas e minerais, possui substâncias de efeito anti-inflamatório, como lipoxigenase e carragena. (SALA, 2012)

Possui diversas cultivares e podemos citar as cultivares: alface crespa roxa exibe essa coloração porque contém antocianina, pigmento de efeito antioxidante, possui o efeito de blindar as células de agressões, favorecendo, assim, a longevidade, (Figura 3); já a alface crespa reúne uma quantidade ligeiramente maior de vitamina C, substância que combate radicais livres (Figura 4); a alface lisa com apenas 14 calorias a cada 100g, tem folhas soltas de textura macia, levemente ondulada, seu sabor é suave e ideal para saladas (Figura 5; a alface americana tem esse nome por ter sido desenvolvida nos Estados Unidos, suas folhas é mais dura, com um miolo mais denso e crocante (Figura 6). SANCHEZ, 2007).

FIGURA 3: Alface Roxa Batavia Cacimba.



FIGURA 4: Alface Crespa Itapuã Super.



FIGURA 5: Alface Lisa Gamboa.



FIGURA 6: Alface Americana Delícia



FONTE: <https://www.solucaohidroponia.com.br>

2.4 Nutrientes

As hortaliças são consideradas como alimentos fundamentais para o funcionamento do organismo humano, devido aos nutrientes que possuem, o consumo diário de hortaliças é extremamente benéfico para a saúde. A única vitamina que as hortaliças não possuem é a B12, que está presente somente em alimentos de origem animal como carne, leite e derivados. As necessidades nutricionais da planta variam de acordo com seu período de crescimento, ou seja, seus estágios fisiológicos, sendo necessário atender as exigências nutricionais a fim evitar deficiências e aumentar a produção. Entre os nutrientes fornecidos pelas hortaliças, estão as vitaminas, os minerais e as fibras. Todas as hortaliças (com exceção de tubérculos, rizomas e raízes) são compostas majoritariamente por água e ricas em vitaminas, minerais, fibras e antioxidantes. (ZÁRATE, 2018).

Estudo sobre a análise elementar da matéria seca da planta (tecido vegetal), mostrou que cerca de 90% do total de elementos corresponde a fonte de carbono (C), oxigênio (O) é o ar, e a água é fonte de hidrogênio (H); o restante, aos minerais. Os treze elementos restantes, representam menos de 6% da matéria seca, e são divididos em três grupos: os nutrientes primários como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K); os nutrientes secundários são enxofre (S), cálcio (Ca) e magnésio (Mg); e os micronutrientes que são exigidos pela planta em quantidades muito pequenas, citamos o ferro (Fe), manganês (Mn), boro (B), zinco (Zn), cobre (Cu), molibdênio (Mo) e cloro (Cl). Os macronutrientes têm, em geral, seus teores expressos em percentagem (%) exigido em grandes quantidades, geralmente maior que 10 mg/dm³ e os micronutrientes são exigidos em quantidades menores de 10 mg/dm³ (MATHILDE, *et al.* 2019; KIVACEVIC, 2011)

Quando um dos elementos químicos essenciais para o crescimento das plantas apresenta quantidades insuficientes ou em condição indisponível, provocará distúrbios em seu metabolismo que se manifestam com sintomas visíveis como: diminuição no crescimento; amarelecimento ou avermelhamento das folhas; anomalias das folhas. Os sintomas de deficiências nutricionais são apresentados caracteristicamente de cada nutriente, dependente também da severidade da deficiência, da espécie ou cultivar e de fatores do ambiente de cultivo (ZÁRATE, 2018).

As plantas no modo geral, apresentam uma atividade fotossintética chamada de processo biológico, realizado através da clorofila que envolve a absorção de água e minerais. Esse

conceito nutritivo das plantas, envolve três fatores essenciais: Nutrientes disponíveis, um nutriente precisa estar na forma disponível para ser absorvido pelas raízes; Absorção de nutrientes pelas plantas: é a entrada do elemento na forma iônica no espaço intercelular da planta; Redistribuição de um nutriente na planta: é a doação de um elemento de uma região de acúmulo à outra a ser absorvida (de folha para o fruto ou de folha para outra). O nutriente não basta estar presente no meio de cultivo, é necessário estar disponível para que ele possa ser facilmente absorvido e em quantidades essenciais ao seu crescimento e produtividade (FAQUIN (2005).

A absorção de macronutrientes, está relacionada com a produção de matéria seca, e se demonstrar lenta no início do desenvolvimento das plantas, ocorrendo uma aceleração no processo a partir do trigésimo dia do ciclo produtivo e pode mais elevados na época da colheita. Estudos verificaram que a partir do quadragésimo dia de produção, a cultura da alface a tende a acumular mais rapidamente matéria seca e maior absorção de nutrientes (SANCHEZ, 2007).

As plantas podem apresentar três estados nutricionais: deficiência, estado adequado e excesso de minerais. Na deficiência mineral, pode ser observado limitações em seu crescimento e seu desenvolvimento é anormal, se a deficiência nutricional ocorrer durante a principal fase de crescimento a absorção de minerais diminui em relação à produção de matéria seca, e a concentração de minerais no tecido vegetal também é diminuída. É importante entender que para o metabolismo o importante é a concentração nutricional e não a quantidade. Se a deficiência envolver apenas um elemento ou se a planta exigir um determinado elemento em grandes quantidades, então é possível encontrarmos sintomas específicos de deficiência de cada nutriente. A oferta excessiva de nutrientes para a planta, não representa um aumento em seu crescimento, mas a planta poderá apresentar resistência a parasitas e fitopatógenos. No caso de algum elemento apresentar concentrações excessivas, poderá ser tóxico, citamos a fertilização excessiva com nitrogênio, provocará um crescimento inadequado dos tecidos de sustentação, mau desenvolvimento do sistema radicular e grande suscetibilidade ao ataque de fungos parasitas e de insetos nocivos (ZÁRATE, 2018).

O nutriente mais necessário na cultura da alface é o potássio agindo como ativador enzimático, responsável pela resistência dos vegetais e qualidade dos produtos agrícolas em geral. Enquanto, o cálcio é fundamental para a absorção iônica, e pode ser um causador do “*tip burn*”. conhecido como “queima doas bordos das folhas” quando a planta apresenta esta

deficiência. O crescimento do sistema radicular ocorre na presença do fósforo, sendo um dos macronutrientes fundamentais, o magnésio é importante para a produção de fotossíntese, e ativador enzimático da respiração, absorção iônica e transporte de energia, assim como o ferro, é responsável pela biossíntese de clorofila (NETO, et al. 2017).

No que corresponde o meio de cultivo, o solo é o meio importante no fornecimento de elementos nutricionais às plantas, porém, é facilmente modificado pelo homem, tornando-o produtivo tanto fisicamente, por meios de aração e drenagem, quanto no químico pela calagem e adubações. São diversas as maneiras de tornar a produção de alimentos mais rápida e produtiva, porém, o resultado de efetivas correções nutricionais é a degradação dos solos. A utilização inadequada dos recursos naturais interfere nos ecossistemas, prejudica a capacidade de autorregulação e renovação, causa degradação ambiental e das condições de vida. O manejo do solo tem influência direta nas degradações dos solos, da água, dos nutrientes e matéria orgânica (FAQUIN, 2005).

A definição de cultivo sem uso de solo abrange todos os sistemas que há o fornecimento de água e de minerais em soluções nutricionais seja ela química ou orgânica. A água tem papel importante na solubilidade e no transporte de nutrientes. No contexto da nutrição mineral das plantas, a alta solubilidade dos sais inorgânicos em água é especialmente significativa. Os mecanismos envolvidos na nutrição das plantas é a absorção dos nutrientes, que ocorrem na forma iônica dos sais dissolvidos na água, as raízes são o principal órgão da planta envolvido na absorção de nutrientes (GODDEK, 2019).

Alguns fatores podem influenciar a disponibilidade dos nutrientes para as quando cultivadas em água, citando: o pH chamado de Potencial hidrogeniônico, indica se a água está ácida, básica ou neutra. afeta por consequência sobre a absorção dos nutrientes minerais pelas plantas. De modo geral as plantas podem ser cultivadas em uma faixa de pH bastante ampla de 4 a 8, no entanto, o pH ideal para a maioria das culturas se encontram na faixa de 5 a 7. Em pH abaixo de 5, normalmente a absorção dos cátions é inibida devido a competição com o íon H^+ . A Condutividade elétrica (EC) é a capacidade que a água possui de transporte de íons na solução. Os principais íons que contribuem para a EC são: cálcio, magnésio, sódio, potássio, bicarbonato, cloreto e sulfato. Elevados valores de condutividade indicam elevadas concentrações de sais dissolvidos na água. Fatores ambientais também podem influenciar no crescimento vegetal, tais como: salinidade, intensidade de luz, temperatura e umidade do ar, necessitando de monitoramento constante (NACHTUGALL, 2014; FURLANI, et al.,2009).

3. Objetivo Geral

Avaliar o crescimento e o desenvolvimento foliar de quatro cultivares *Lactuca sativa L* (alface) produzidas em sistema de aquaponia e hidroponia.

3.1. Objetivos Específicos

- Comparar o crescimento e desenvolvimento foliar das cultivares de alface roxa, americana, crespa e lisa nos sistemas de cultivos hidropônico e aquapônico.
- Verificar se os parâmetros ambientais como Condutividade elétrica; pH; Oxigênio dissolvido; Temperatura ambiente; Umidade; Temperatura da água nos sistemas de cultivos hidropônico e aquapônico interferem no crescimento das cultivares de alface.

4. Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido em uma empresa do ramo de Aquaponia localizada em Araraquara SP e foi realizado em dois momentos, experimento 01 (E1), durante o período de 66 dias, de (06 de Julho a 10 de Setembro de 2020) e experimento 02 (E2), durante o período de 35 dias, (06 de Outubro de 2020 a 11 Novembro de 2020).

Os sistemas de cultivos, hidropônico e aquapônico foram instalados e conduzidos em uma casa de vegetação, denominada de estufa agrícola modelo em arco convencional, confeccionada com arcos de galvanizados, filme plástico difusor na cobertura de 150 μ (micras), aditivada contra raios ultravioleta, tela sombrite refletora prata 50 % em toda lateral, com pé direito de 2,50 metros de altura, largura de 6,40 metros e comprimento de 9,0 metros protegendo o cultivo de intempéries ambientais (Figura 3).

FIGURA 7: Estufa agrícola modelo em arco localizada na empresa de Aquaponia no município de Araraquara – SP.



Fonte: Autora (2020)

Os dois sistemas foram individualizados e foram produzidos em sistema NFT (*Nutrient Film Technique*), composto por 01 (uma) bancada hidropônica (material em PVC) de 1,40 metros de comprimento e 1,40 metros de largura, e 3% de inclinação, possuindo 08 perfis hidropônicos com a capacidade produtiva de 40 plantas cada sistema e possuindo 0,20 cm entre plantas, como proposto por Martinez e Silva Filho (2006).

A estrutura da bancada e perfis hidropônicos foram fabricados e cedidas pela empresa Dynacs, ambos os sistemas serão acionados por temporizador analógico que foi regulado para

o período de 15 minutos de circulação das irrigações e 15 minutos desligados, durante 24 horas.

Em ambos os experimentos utilizou mudas de alface (*Lactuca sativa L.*) das cultivares Americana Delícia, Lisa Gamboa, Roxa Batavia Cacimba e Crespa Itapuã Super, adquiridas diretamente do viveiro sendo 10 mudas de cada variedade, que foram germinadas em bandejas de poliestireno com substrato de fibra de coco e após 30 dias de semeadura, transplantadas nos sistemas de produção hidropônico e aquapônico.

Para o transplante nos sistemas de produção Hidropônico e Aquapônico, as mudas foram escolhidas aleatoriamente diretamente da bandeja, e colocados em todos os orifícios dos perfis hidropônicos, totalizando 40 mudas cada sistema.

Os dois sistemas são de escala semi-comerciais, com abordagem comparativa, pois os sistemas foram conduzidos lado a lado, onde as duas tecnologias de produção estão instaladas no mesmo espaço de estudo e ambiente de crescimento de acordo com o estudo Leannard, (2019).

No sistema de produção hidropônica, foi utilizado a metodologia recomendada de Furlani, et al., (2009) para solução nutritiva dos vegetais e operação da técnica convencional através da regulação da condutividade elétrica, possibilitando o crescimento das plantas.

O sistema de produção aquapônico foi conduzido sob a aplicação da técnica eficiente que permita o desenvolvimento da planta com exata proporção de peixes, fornecendo proporcionalmente, os nutrientes necessários ao crescimento dos cultivares de alfaces, obedecendo a metodologia de Simon (2019).

4.2 Sistema aquapônico de produção (AP)

A estrutura do sistema aquapônico comporta por um (01) tanque de 500 litros para o cultivo de peixes, um (01) recipiente de 100 litros discriminado como filtro de sedimentação, um (01) recipiente de 100 litros discriminado como filtro biológico, 01 bancada hidropônica (Figura 4).

FIGURA 8: Sistema de aquaponia montado utilizado durante o experimento.



Fonte: Autora (2020).

No sistema aquapônico a irrigação das mudas foi realizada com água contendo os nutrientes dissolvidos na água residual, proveniente da criação de tilápias (*Oreochromis niloticus*) já em período de engorda, totalizando 11 kg de biomassa de peixes.

Nesse experimento optou-se por utilizar a tilápia, por ser um peixe bastante rústico e resistente, e ainda, por ter boa conversão alimentar, tolerar altas densidades de estocagem, ter pacote tecnológico de cultivo, melhoramento, reprodução e nutrição avançados e difundidos por todo o mundo sendo o peixe mais utilizado em sistemas de aquaponia (MARENGONI, 2006).

A alimentação diária dos peixes foi realizada com ração extrusada e com 32% de proteína bruta, na quantidade 0,7% do peso total de biomassa, como recomenda por Faria (2013), e arraçoamento de 70g de ração e dois (02) tratos ao dia (35g por trato), figura 5. O fornecimento de ração foi manual, permitindo contato visual e monitoramento dos peixes e controle de ingestão. A oxigenação dos peixes dentro do tanque de criação foi realizada por uma bomba da marca Sarlo Better com vazão de 2.700 litros por hora conectada a um Aerador Fishair O² da marca Nanoplantic, produzindo oxigenação 24 horas por dia (SENAR, 2019).

FIGURA 9: Fornecimento de 70 g de ração extrusada diário.



Fonte: Autora (2020).

O sistema de aquaponia foi iniciado com a entrada de ração no tanque de criação (TC) de peixes, como fonte de alimentação, a saída dos resíduos orgânicos, dejetos dos peixes e resto de ração foi retirado do tanque por um sistema denominado overflow (junções de PVC de 50 mm) (Figura 6).

FIGURA 10: Overflow, as setas indicam a saída de resíduos orgânicos do tanque de criação de peixes.



Fonte: Autora (2020).

A água que escoar do tanque dos peixes, através do overflow, entra pela parte inferior do filtro de sólidos, através de um tubo (PVC de 50 mm) posicionado tangencialmente (lateralmente) ao recipiente, forçando assim a água girar em movimento circular. A força

centrípeta criada pelo movimento circular da água, força os resíduos sólidos a permanecerem no centro e no fundo do recipiente, que posteriormente, poderá ser removido por uma válvula de escape (registro em PVC de 25 mm), Figura 7 (QUEIROZ, 2017; CARNEIRO, et al. 2015).

FIGURA 11: Filtro de Sedimentação, as setas indicam a entrada de resíduos orgânicos e saída de água para o filtro biológico.



Fonte: Autora (2020).

O filtro de sólidos foi conectado ao filtro biológico (FB), por uma flange pela parte superior, onde a água, já livre de resíduos pesados, escoar por gravidade. O filtro biológico possuirá mídias filtrantes, em quantidade de 10 litros atuaram como substrato para fixação das bactérias nitrificantes, iniciando o processo de conversão biológica da amônia em nutrientes pelo ciclo do Nitrogênio. Uma bomba submersa foi instalada tendo como função, levar a água com nutrientes para as plantas, figura 6 (QUEIROZ, 2017; CARNEIRO, *et al.* 2015) (Figura 8).

FIGURA 12: Filtro Biológico, as setas indicam a entrada de água livre de resíduos sólidos e saída de água com nutrientes, por bomba submersa.

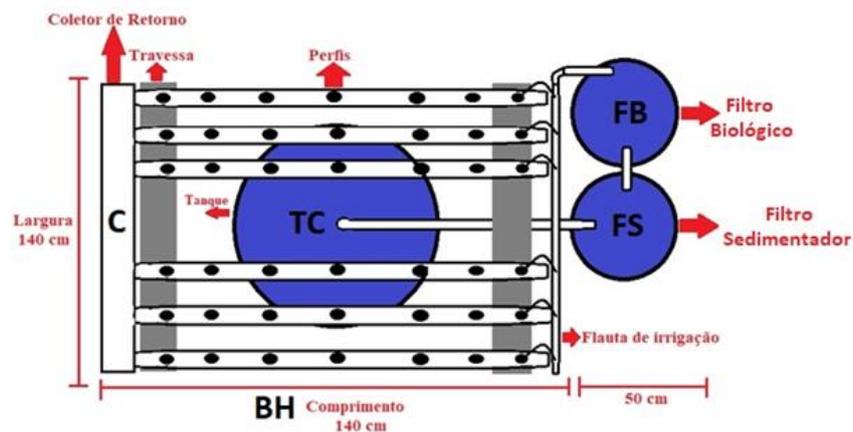


Fonte: Autora (2020).

A água com os nutrientes foi levada ao sistema de irrigação através de uma bomba submersa da marca Sarlo Better com vazão de 2.700 litros por hora, distribuindo ao longo do sistema hidropônico, aproximadamente 2 (dois) litros de água para cada perfil hidropônico, onde contém as plantas em crescimento (QUEIROZ, 2017; SIMON 2019).

A água passa pela bancada hidropônica, onde estão as hortaliças em crescimento, que absorvem os nutrientes contidos na água. A água retorna da bancada para o tanque de peixes, por um coletor (PVC) límpida, fechando um ciclo de recirculação, podendo ser observado no croqui do sistema de aquaponia (Figura 9). (QUEIROZ, *et al.* 2017; CARNEIRO, *et al.* 2015; SIMON, 2019).

FIGURA 13: Croqui do Sistema de Aquaponia: A água escoa do Tanque de criação de peixes (TC) para o filtro de sedimentação; A água escoa do (FS) Filtro sedimentação para o filtro biológico; A água é bombeada do Filtro Biológico (FB) para a bancada hidropônica; A água retorna da Bancada Hidropônica (BH) a través do Coletor (C) para o tanque dos peixes.



Fonte: Autora (2020).

Para realizar o 1º experimento do sistema de aquaponia, foi realizada uma higienização em todos os componentes da estrutura.

- Tanque de peixes: Esgotamento, retirando toda água, resto de ração e dejetos, bem como foi realizado a pesagem e medida dos peixes, conferindo a biomassa de peixes e anotando o resultado encontrado (Figura 12);
- Filtro de sedimentação: Limpeza do recipiente, a fim de retirar todo resíduo sólido existente;
- Filtro Biológico: Esgotamento de toda água do recipiente, no intuito de zerar os nutrientes.
- Bancada Hidropônica: Higienização de toda bancada hidropônica, dos perfis hidropônicos, conexões de entrada de irrigação e retorno, com jatos de água. Não será utilizado qualquer produto tóxico ou químico na higienização.

Após todos os componentes limpos, foi repostado toda água do sistema e promoveu-se a recirculação durante quinze (15) dias, a fim de permitir a colonização de bactérias nitrificantes e produção de nutrientes. O processo de formação da colonização de bactérias foi observado através de testes coloriméricos constatando a presença de amônia e nitrito. Posteriormente, foi realizado o transplante dos cultivares de alfaces.

FIGURA 14: Pesagem da biomassa de peixe (*Oreochromis niloticus*).



Fonte: Autora (2020).

Para o 2º experimento do sistema de aquaponia, não foi realizada a higienização dos componentes e estrutura, no intuito de observar o crescimento da produção vegetal a longo período de oferta de nutrientes pelos peixes.

Durante o período experimental (E1 e E2) foi efetuado a manutenção semanalmente do sistema de aquaponia como:

- Filtro de sedimentação, resíduo orgânico escoado;
- Quantidade de água de reposição do sistema de aquaponia realizada pela absorção das plantas e atmosfera;
- Higienização dos conectores de irrigação;
- Higienização das bombas de recirculação e oxigenação.

4.3 Sistema hidropônico de produção (HP)

O sistema hidropônico foi montado uma bancada igual a utilizada no sistema de aquaponia. Para o tanque de solução nutritiva utilizou-se um reservatório de poliestireno de 500 L. Para a irrigação da solução nutritiva nos perfis hidropônicos foi utilizado uma bomba de submersa de vazão 2.700l/h, com vazão 2 litros por minuto em cada perfil (REIBEIRO, 2017) (Figura 10).

FIGURA 15: Sistema de hidroponia utilizado no experimento na estufa.



Fonte: Autora (2020).

A solução nutritiva da hidroponia foi preparada a partir de um kit comercial (Hidrogood Fert®), com a composição: N (10%), P2O5 (9%), K2O (28%), Mg (3,3%), S (4,3%), B (0,06%), Cu (0,01%), Mo (0,07%), Mn (0,05%), Zn (0,02%), 750g de Composto + 550g de Nitrato de cálcio + 30g de Fe EDDHA, foi diluído conforme o fabricante (500 L da solução) de acordo com as recomendações de Furlani, et al., (2009) (Figura 11).

4.5 Análise de Variáveis

4.5.1 Água e ambiente.

As variáveis da água como pH, condutividade elétrica, oxigenação dissolvida e temperatura foram medidos por sonda da marca Hanna e modelo Medidor Multiparâmetro *YSI* (pH/ORP/EC/TDS/Salinidade/DO/ Pressão/Temperatura) em ambos os sistemas diariamente no período da manhã sempre no mesmo horário e anotados em planilha. As leituras foram realizadas retirando água: 1- tanque de criação de peixes, para o sistema de aquaponia e tanque de solução, para o sistema hidropônico; 2 Saída de água da bancada para ambos os sistemas.

E para a verificação de umidade e temperatura ambiente utilizou Termohigrometro Digital – Temperatura e Umidade Mas e Min, Marca Digital *Thermometer* e Modelo: 303C, verificado diariamente no mesmo horário durante dos dois experimentos (E1) e (E2).

4.5.2. Análise do crescimento foliar e radicular dos cultivares de alface

Nas bancadas de ambos os sistemas foram marcadas nos perfis hidropônicos, as amostras de cada cultivares alfaces e para determinadas as cultivares utilizou-se as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Nos E1 e E2 após 35 dias do transplante das alfaces, quando atingiram o máximo desenvolvimento vegetativo, antes de iniciarem o processo de apendoamento, as amostras das cultivares de alfaces foram colhidas e verificados as seguintes variáveis, de acordo com Malavolta (1997):

- Número total de folhas (un.): O número total de folhas foi obtido pela contagem direta do número de folhas de cada planta após colheita;
- Massa fresca do cultivares de alface (g): Cada alface foi pesada individualmente em balança digital analítica. Considerando: as folhas, caules, e raiz, como usualmente é vendido no comércio. Removeram-se apenas as folhas exteriores em processo de senescência (envelhecidas);

- Massa fresca da alface foi fracionada em folhas, caule e raiz, (g): As folhas, caules e raízes foram separados e cada parte pesadas individualmente em balança digital analítica;
- Massa seca das folhas: Foi realizado a pesagem das folhas (úmidas), após foram acondicionadas em estufa com circulação de ar forçado a 60°C por 96 horas, até que atingissem peso constante e foram submetidas à nova pesagem.

4.5.3 Estimativa de consumo de água entre os sistemas de produção

A quantificação da água consumida pelas plantas, de cada sistema de produção, nos E1 e E2 foi efetuada semanalmente, completando o volume do reservatório, utilizando um recipiente graduado em litros.

4.6 Monitoramento dos cultivares de alfaces nos sistemas aquapônicos e hidropônicos.

Durante os experimentos foi realizado diariamente em ambos os sistemas a observação e anotação do aspecto visual das folhas para a presença de anomalia da superfície folhar e coloração, bem como, a verificação do aparecimento de pragas para cultivares de alfaces e controle com produto biológico óleo de néen, não interferindo no crescimento ou desenvolvimento das alfaces.

4.7. Análise estatística

As variáveis do meio ambiente e qualidade água foram realizadas sob a estatística de Processo de Controle usando o software Minitab® 19.1.1. com amplitude da média móvel de 7 citadas por Triola (1999). Os dados para as variáveis botânica folhaves e radiculares dos cultivares de alface foram comparados estatisticamente para determinar se houve diferenças significativas entre tratamentos usando o Teste “t” de *Student*, as diferenças foram consideradas significativas para $p \leq 0,05$ (limites de confiança de 95%).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise das variáveis do ambiente

De acordo com Radin (2004) a temperatura média indicada para o desenvolvimento da produção de alface varia de 18°C, máxima 24°C e a mínima de 7°C, cita também, que a umidade mais adequada para a produção pode variar de 60 a 80%, umidade muito elevada facilita o aparecimento de doenças principalmente em ambientes controlados como estufa agrícolas. A ação dos elementos climáticos sobre o desenvolvimento vegetal é um problema muito enfrentado, observou-se maior influência nos sistemas de cultivo, principalmente com temperatura do ar, localidades com maior altitude garante um clima mais ameno que favorecem a cultura da alface nas variações ótima de 4 a 27°C.

Durante o desenvolvimento do 1º experimento (E1), a temperatura verificada foi de 18°C a 28°C, e umidade de 54% a 74%, observando aumento ao final do experimento, exatamente no período de transição das estações inverno/primavera. No 2º experimento (E2) apresentando aumento da temperatura com parâmetro de 24°C a 35°C e umidade 67%. As variáveis de temperatura e umidade observado em ambos os períodos dos experimentos permaneceu dentro dos limites aceitos pela literatura, porém o que observamos nos ser nos gráficos, que ocorreu uma flutuação dos pontos, porém todos dentro dos limites de controles estatísticos para o 1º experimento (Figuras 16), e no 2º experimento ocorreu deslocamento do ponto 16, para LIC, podendo ser decorrente á baixa temperatura e outro ponto identificado como fora de controle estatístico ocorreram ao final do experimento nos pontos 33-34-35-36 para LCS onde obteve temperaturas elevadas para 34°C e 35°C. (Figuras 17), para umidade (Figura 18), observado descontrole estatístico para os pontos 28 a 36 com padrão em tendência (Figura 18) e dos pontos 29-30-31 e 37 (figura 19), a instabilidade observada é sugestão de causa externa como mudança de clima, mesmo que o experimento foi realizado em ambiente protegido, constatando causa externa.

Em ambos os experimentos, o desenvolvimento dos cultivares se deu de forma gradativa e dentro da expectativa esperada, apesar dos experimentos terem sido realizados em duas etapas e em estações diferente, a temperatura de umidade não prejudicou a produtividade das alfaces.

De acordo com María et al. (2013) o outono e inverno são as estações mais críticas para a agricultura, pois o frio afeta o metabolismo das plantas, prejudicando a produção, para as hortaliças, a estação gelada traz algumas vantagens como menor ocorrência de chuvas fortes e a umidade relativa do ar mais apresenta-se mais baixa, observando também, que temperatura mais baixas podem retardar o metabolismo das pragas, favorecendo a produção.

Plantas cultivadas em ambiente protegido, como estufas agrícolas, absorvem maior quantidade de água, por estar em um ambiente fechado, com o acúmulo de umidade e menor velocidade dos ventos, proporciona menor evaporação, o que favorecendo o acúmulo de água nas folhas e, conseqüentemente, maior massa de matéria fresca (VIEIRA, 2016).

Feuzer (2016) relata que a alface é uma planta muito sensível às condições climáticas, dependendo de fotoperíodo como intensidade de luz, que favorecem a concentração de dióxido de carbono (CO₂), e a temperatura do ambiente influenciam pontualmente no crescimento e no desenvolvimento de alface, citando que a temperatura máxima tolerável pela cultura da alface está em torno de 30 °C e a mínima por volta dos 6 °C e afirma que o aumento de temperatura acima dos 40 °C retarda a absorção de nutrientes.

FIGURA 16: Resultados parâmetros ambientais da temperatura °C 1º experimento.

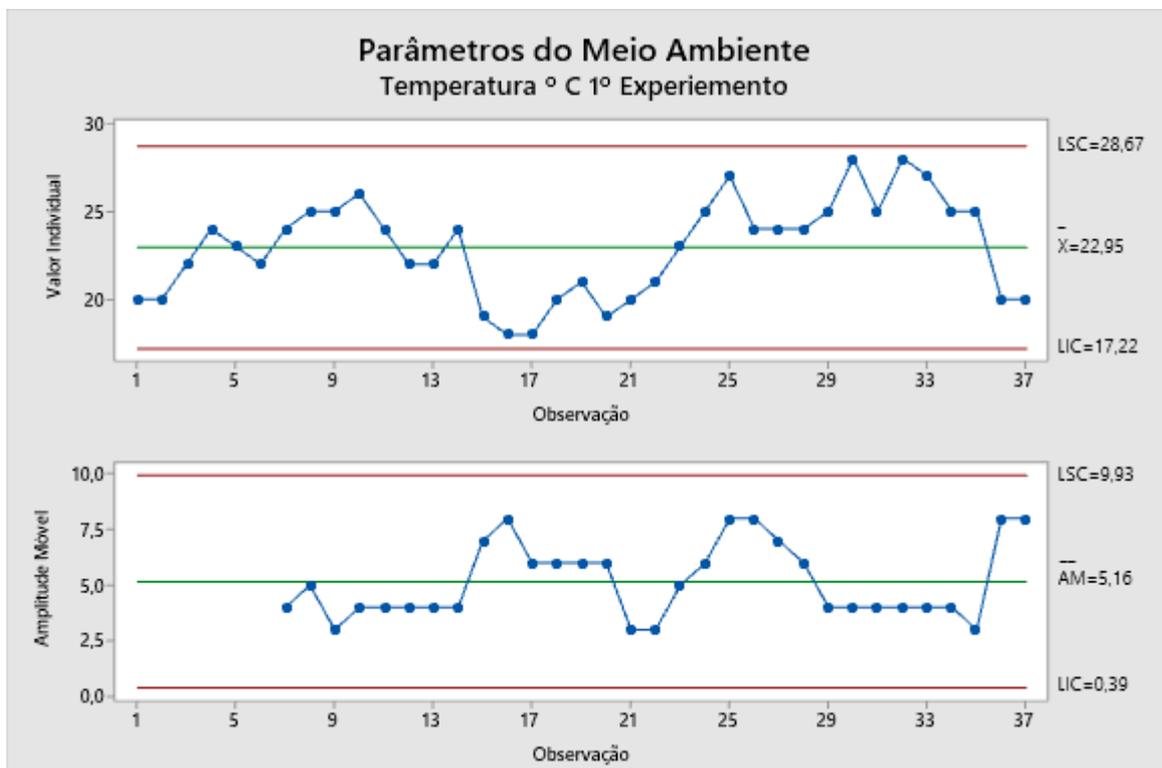


FIGURA 17: Resultados parâmetros ambientais da temperatura °C do 2º experimento.

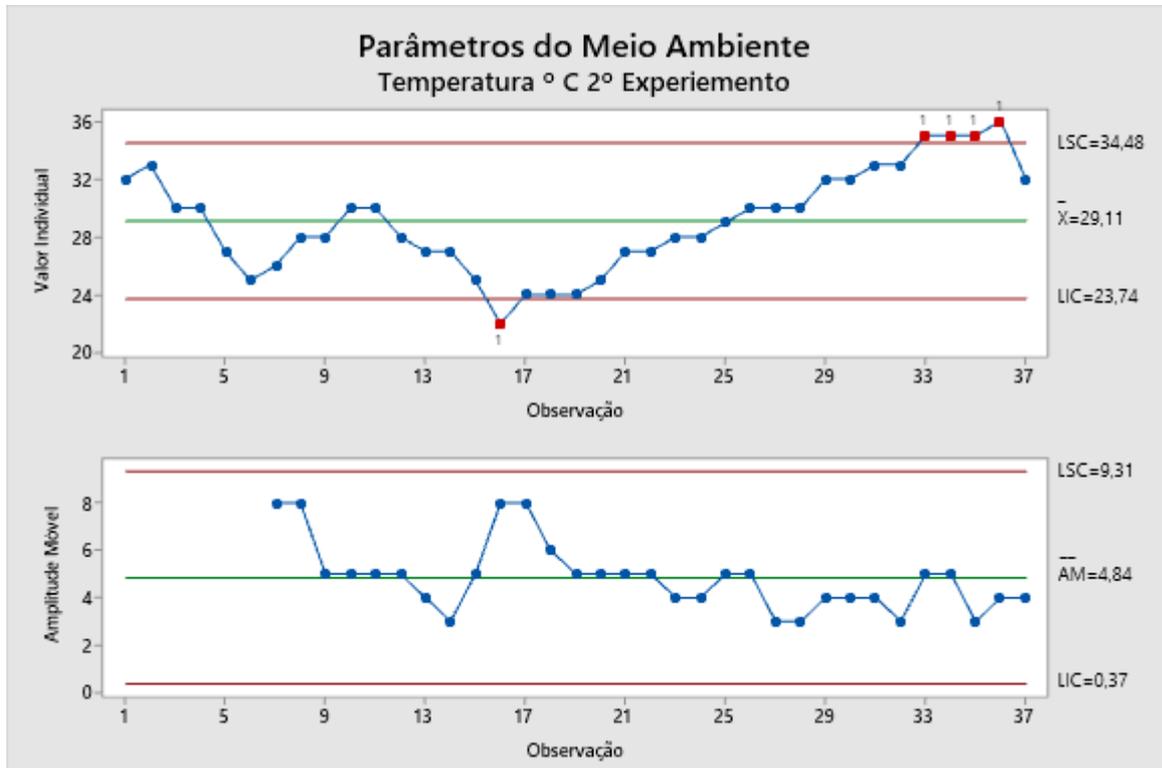


FIGURA 18: Resultados parâmetros ambientais da umidade % do 1º experimento.

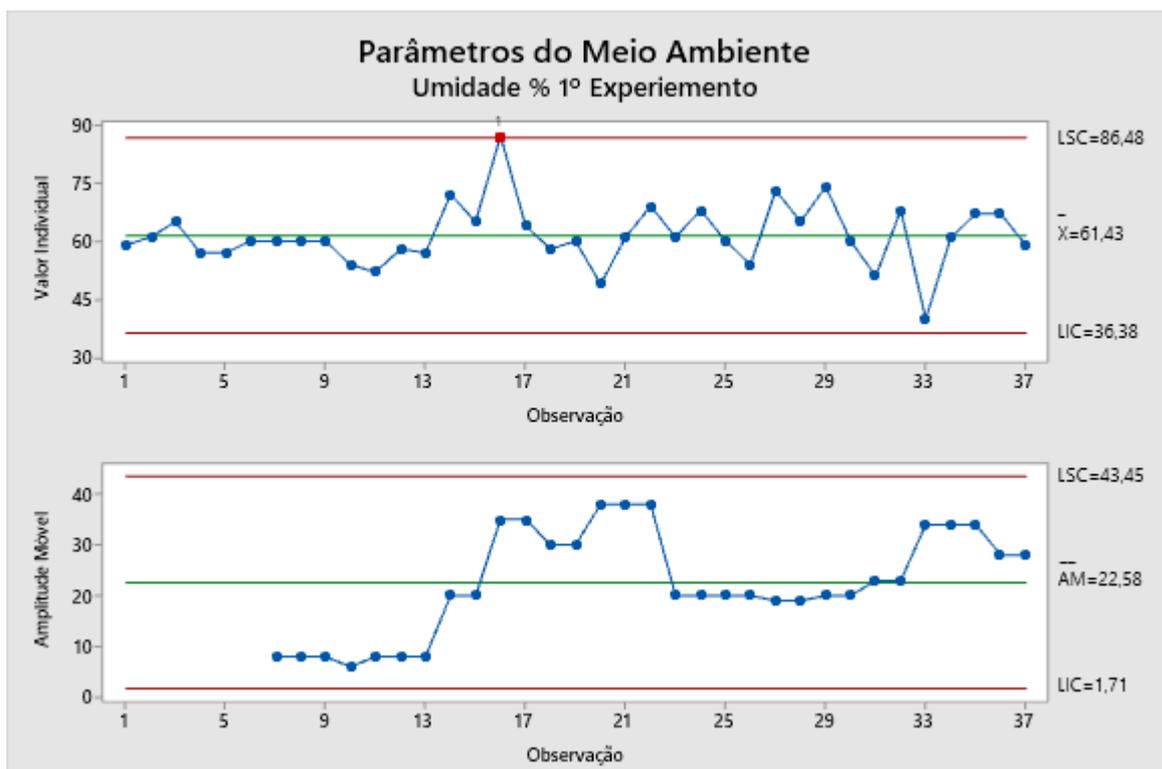
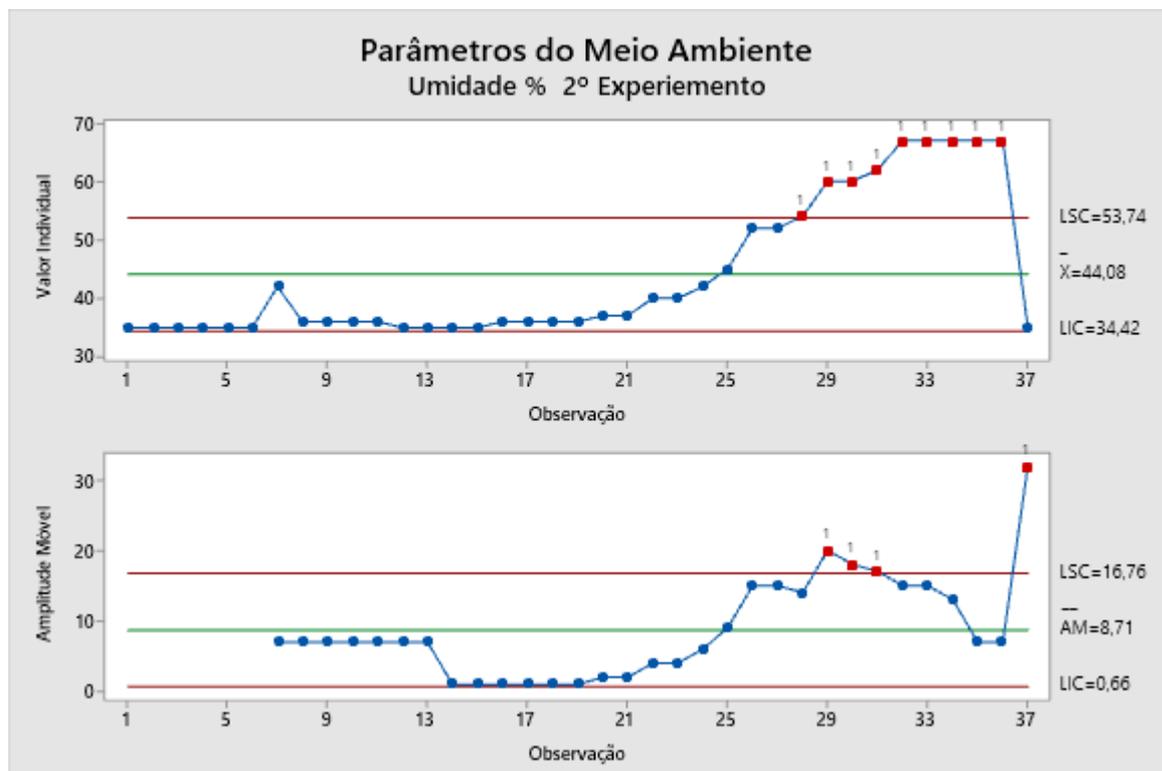


FIGURA 19: Resultados parâmetros ambientais da umidade % do 2º experimento.

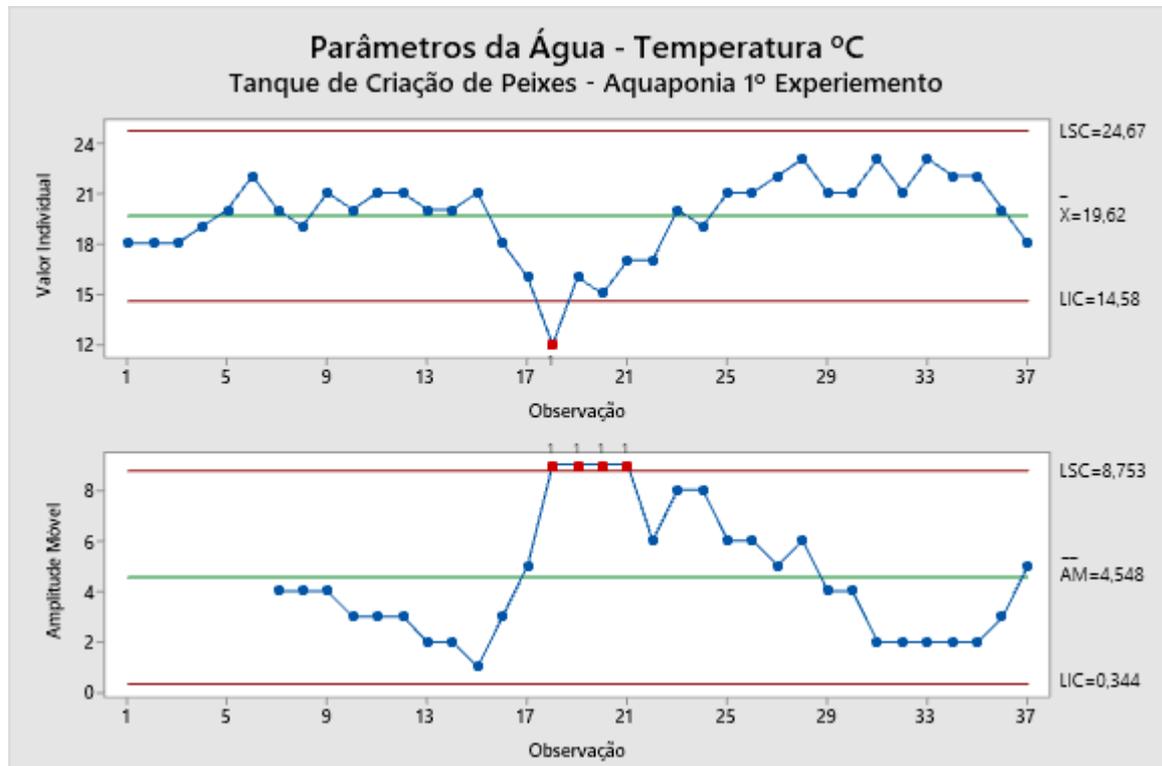


5.2 Análise dos parâmetros da água

A elevação da temperatura da água principalmente dentro do taque dos peixes (Figura 20) é decorrente a elevação da temperatura ambiente, portanto foi observado no gráfico para valores individuais uma flutuação dentro da linha central e apenas um ponto fora de controle para LIC aproximadamente no 17º dia de experimento, passível de baixa temperatura, onde contatamos essa instabilidade no gráfico de amplitude, constatando o descontrole para o mesmo ponto, confirmando o evento de causa externa. O fato não ocorre para o tanque de retorno da bancada (Figura 21), onde ambos os gráficos não demonstram instabilidade.

No 2º experimento a temperatura permanece baixa (Figura 22) confirmando um descontrole para pontos abaixo do LIC nos primeiros dias de experimento, o que podemos confirmar no gráfico de amplitude vários pontos de instabilidade tanto para LIC nos primeiros períodos de crescimento quanto para LSC para os últimos dias de experimento. O Fato não é observado na Figura 23 para o retorno da água de bancada, permanecendo dentro do controle estatístico.

FIGURA 20: Resultados parâmetros da água para temperatura °C no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 1º Experimento.



As baixas temperaturas observadas dentro do tanque de peixes acarretaram menor atividade dos peixes observado nas ofertas e ingestão de alimento, o que pode prejudicar ou provocar menor quantidade de nutrientes dissolvidos em água, já que estes são dependentes da carga de matéria orgânica dentro da água. O que pode afetar diretamente no desenvolvimento produtivo dos peixes.

Kubitza (2000), cita que temperatura da água no tanque de peixes, influencia diretamente no desempenho produtivo e metabólico, pois pode alterar a qualidade dos tecidos, muscular, adiposo e ósseo, afetado o crescimento e produtividade dos peixes. Já para os vegetais, níveis elevados da temperatura da água, estão associados às condições de hipóxia na raiz, diminuindo a condição de absorção dos nutrientes, sendo uma das causas de redução no crescimento das plantas ao longo dos perfis em cultivos com uso da técnica de NFT.

FIGURA 21: Resultados parâmetros da água para temperatura °C no retorno da bancada do sistema de aquaponia. 1º Experimento.

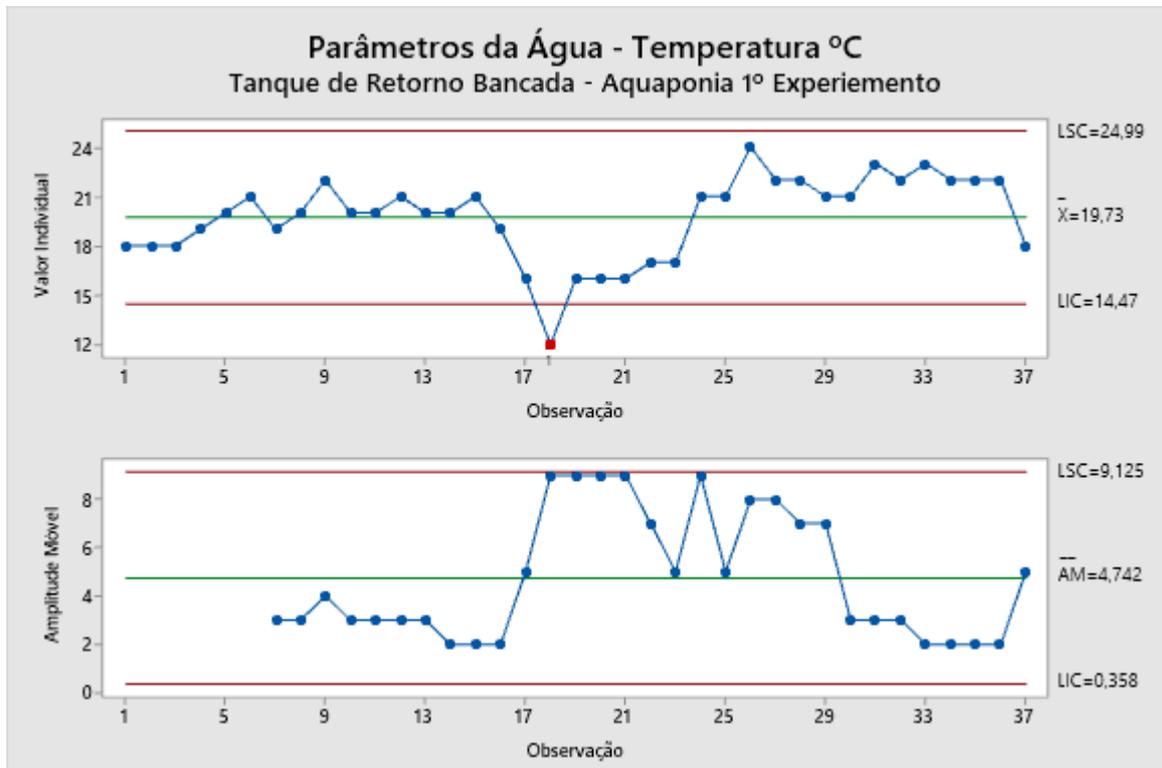


FIGURA 22: Resultados parâmetros da água para temperatura °C no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 2º Experimento.

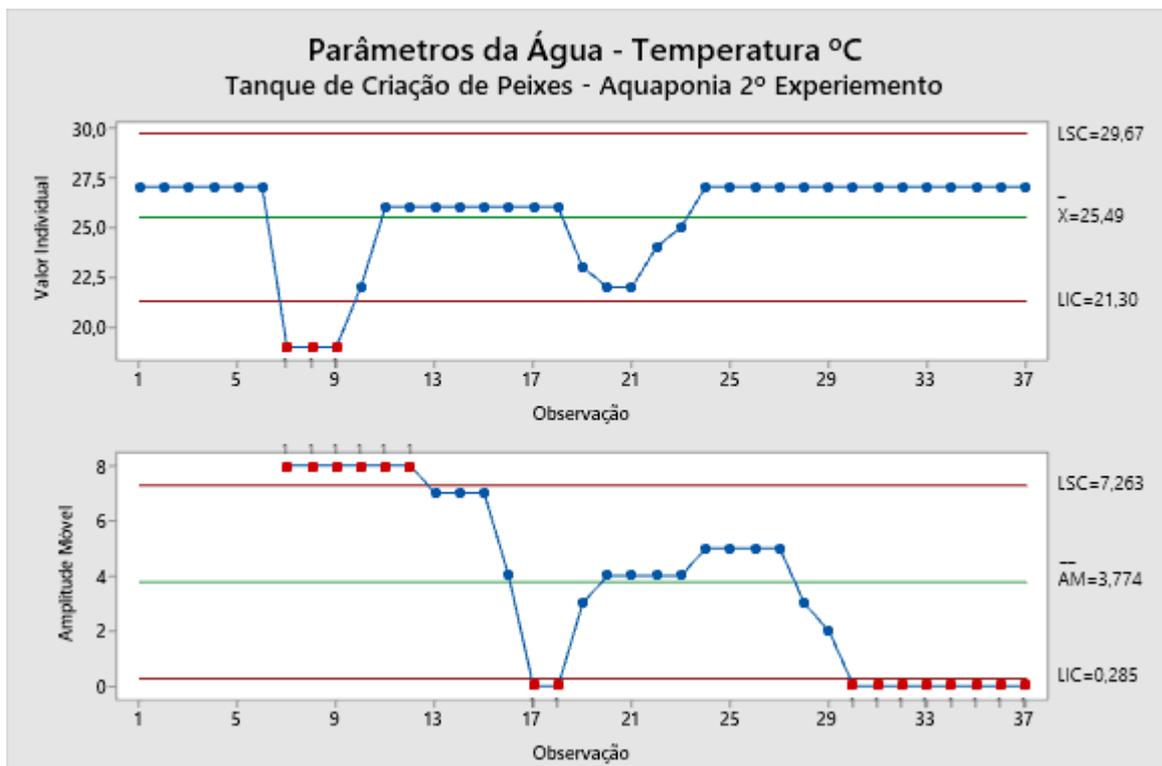
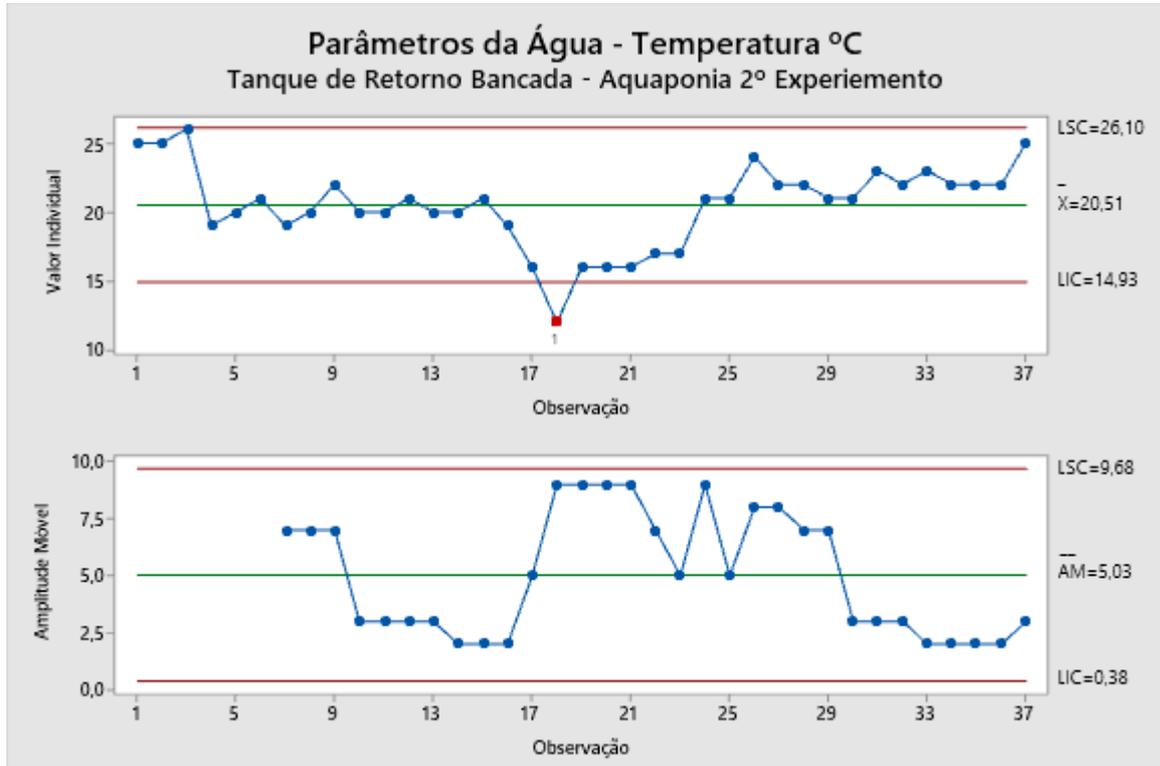


FIGURA 23: Resultados parâmetros da água para temperatura °C no retorno da bancada do sistema de aquaponia. 2º Experimento.



Para o sistema hidropônico (Figura 24) foi observado no gráfico para valores individuais uma pequena flutuação dentro da linha central, como ocorreu no sistema de aquaponia em apenas um ponto fora de controle para LIC aproximadamente no 17º dia de experimento, e no 2º experimento foi observado um controle estatístico (Figura 26) ocorrendo o mesmo fato para o tanque de retorno da bancada, observando flutuações fora de controle estatístico no 1º experimento (Figura 25) e para Figura 27, já no 2º experimento, onde observamos que os gráficos não demonstram instabilidade.

Uma explicação da influência da temperatura da água sobre a absorção de nutrientes pelas plantas é a alteração da atividade de proteínas ligadas ao sistema de transporte de nutrientes nas células vegetais das raízes. Em cultivos hidropônicos, a elevação da temperatura acima de 32°C inibe o crescimento radicular. Sendo considerada como faixa ótima entre 23 e 27°C. Em geral, recomenda-se a manutenção da temperatura da solução em valores abaixo de 32° C. A temperatura considerada ideal, está na faixa entre 23 e 27°C (BREMENKAMP, 2012).

FIGURA 24: Resultados parâmetros da água para temperatura °C no tanque de soluções do sistema de hidroponia. 1º Experimento.

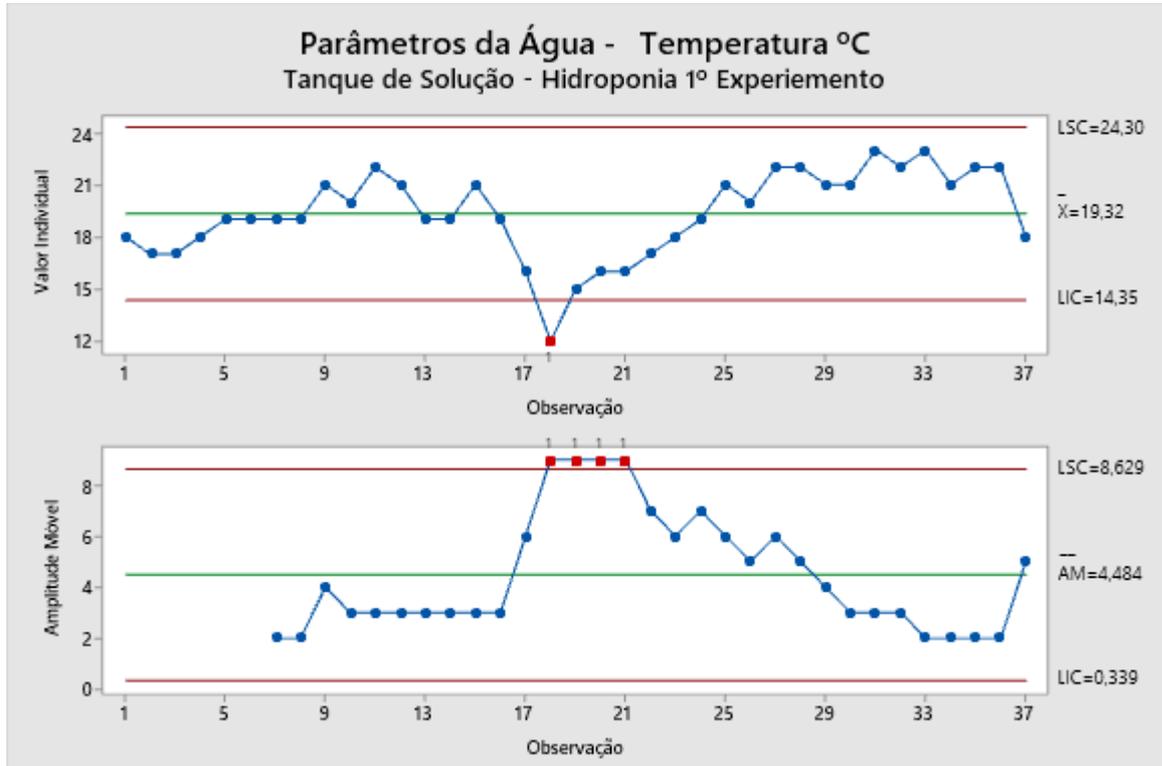


FIGURA 25: Resultados parâmetros da água para temperatura °C no tanque retorno da bancada de hidroponia. 1º Experimento.

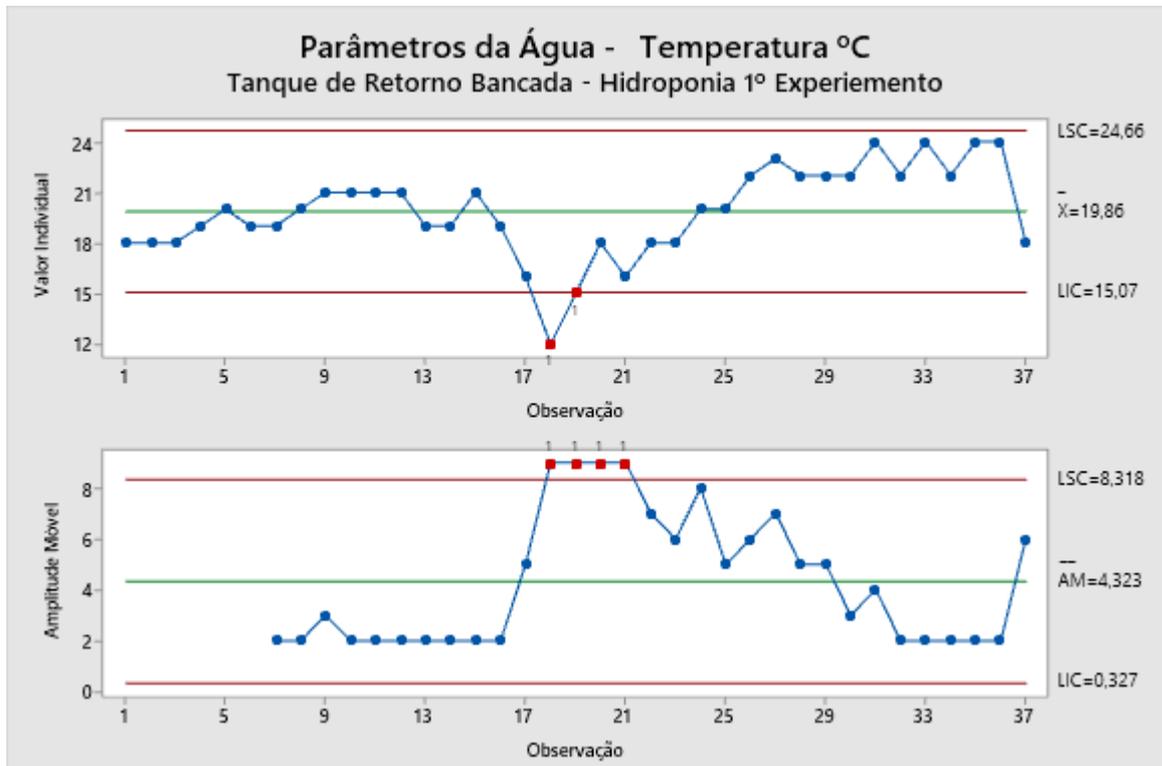


FIGURA 26: Resultados parâmetros da água para temperatura °C no tanque de soluções do sistema de hidroponia. 2º Experimento.

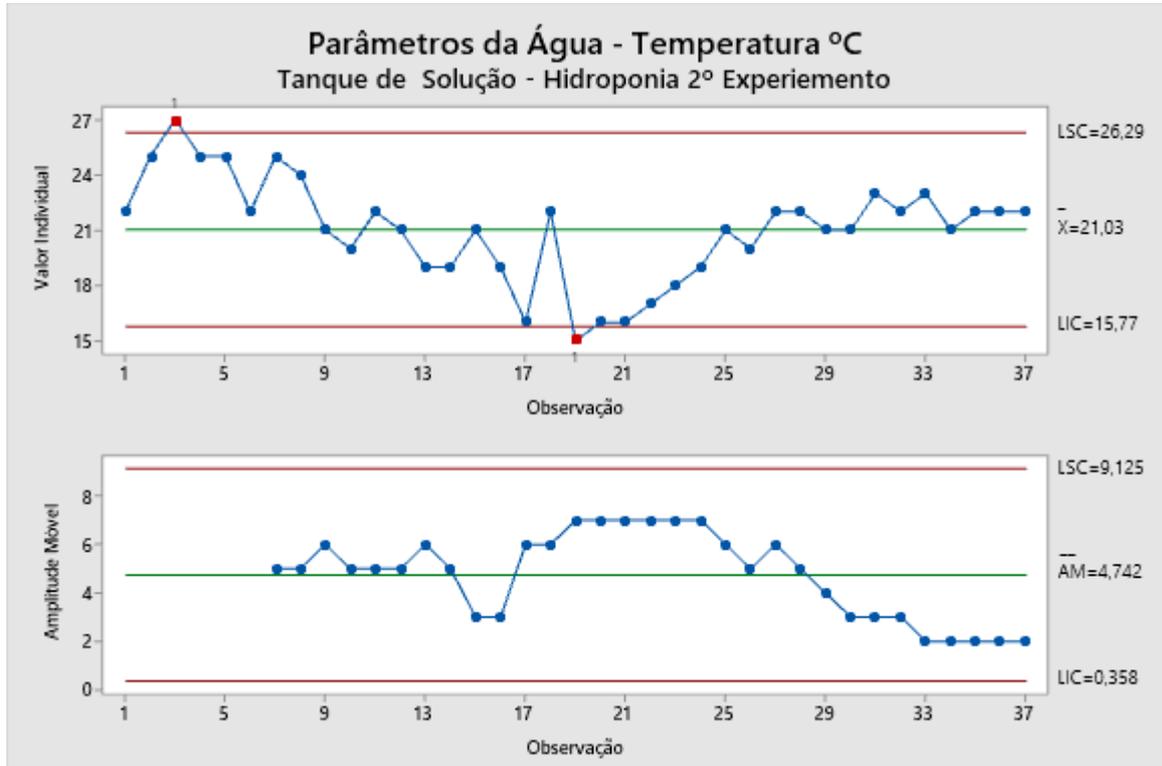
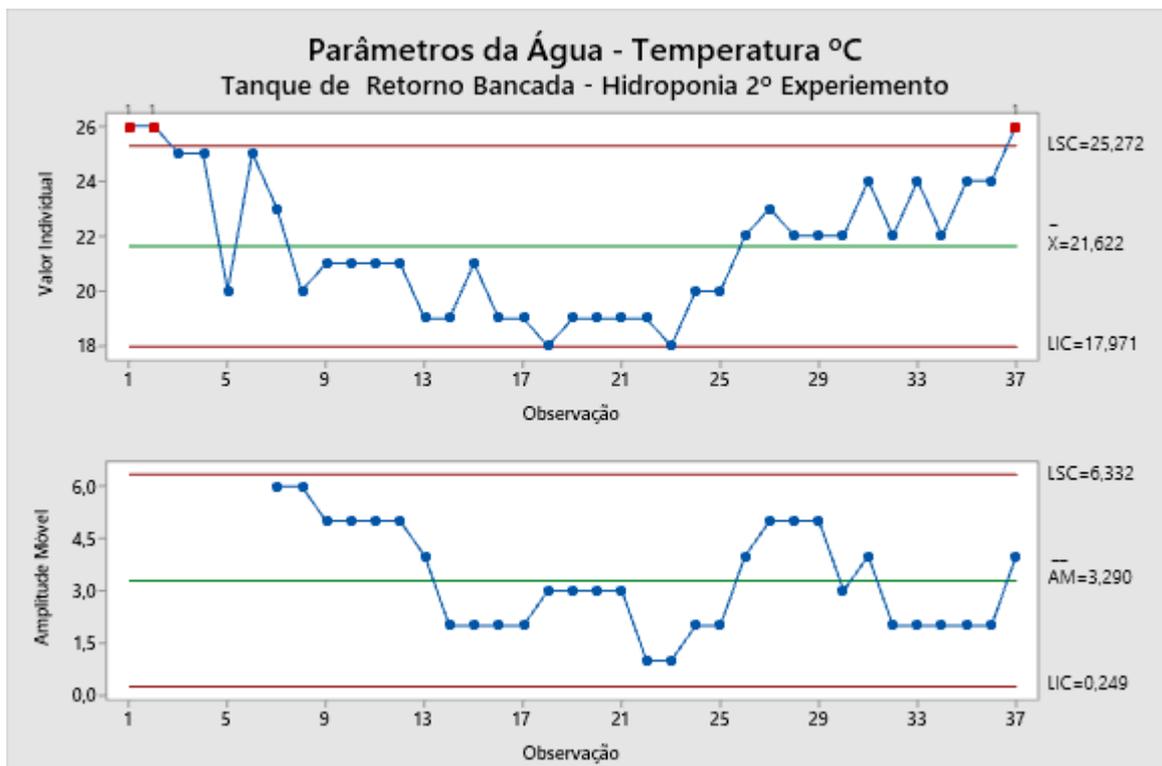


FIGURA 27: Resultados parâmetros da água para temperatura °C no tanque retorno da bancada de hidroponia. 2º Experimento



A condutividade elétrica (CE) é a medida que expressa o movimento dos elétrons através de um meio aquoso como a água. Os fertilizantes sintéticos são feitos de sais solúveis como nitratos ou amônia, fosfatos, potássio, cálcio, magnésio ou sulfatos, a variação da condutividade elétrica (CE) da solução nutritiva interfere no metabolismo e, conseqüentemente, na produção das plantas, os valores de CE demonstra a necessidade de repor ou não os sais da solução nutritiva para nutrientes inorgânicos, porém é importante destacar que é avaliada apenas a quantidade total de sais presentes na solução, não fornecendo a quantidade específica de cada nutriente, além de não determinar se um macro ou micronutriente está sendo absorvido mais que o outro. As plantas requerem diferentes níveis de CE em diferentes fases de vida, à medida que elas crescem suas necessidades de nutrientes também vão mudando (COSTA, 2001).

No sistema de aquaponia, a concentração de CE no período de ambos os experimentos, apresentou-se sempre baixa 150 a 270 (mS/cm) pois os nutrientes são de origem orgânica derivados dos resíduos dos peixes. No 1º experimento o gráfico apresentou resultados dentro do controle estatístico tanto para o tanque de criação de peixes (Figura 28) quanto para o retorno da bancada (Figura 29) o que nos demonstra a estabilidade constante na produção de nutrientes para o crescimento das plantas pelo fornecimento do alimento aos peixes, o que ocorre de maneira regrada com tratos diários e duas vezes ao dia, garantindo o fluxo constante de nutrientes dissolvidos em água. As plantas obtiveram um crescimento significativo não apresentaram nenhum sinal de deficiência nutricional como clorose ou necrose, indicando quantidade nutricional suficiente ao seu desenvolvimento e crescimento, observados nos períodos de monitoramento do sistema.

Foi observado no 2º experimento (Figura 30) descontrole estatístico desde o início do experimento ao final, demonstrando vários pontos fora de controle tanto no gráfico de médias individuais quanto para amplitude, o que nos sugere a alta ocorrência da carga nutricional, podendo ser pelo aumento do fornecimento da ração aos peixes e grande aceite pela melhora da temperatura do ambiente e dentro do tanque de criação. O mesmo descontrole estatístico não foi observado no retorno da bancada (Figura 31), sugerindo absorção de nutrientes pelas plantas.

De acordo com Gondim (2010) cita que a CE deve obter de 200 mS/cm² podendo reduzir até 170 mS/cm² para suprir a necessidade nutricional da planta nos sistemas orgânicos de produção.

Para Barbosa (2011) nos sistemas de aquaponia, os valores de condutividade elétrica indicam a quantidade de nutrientes disponíveis nos ambientes aquáticos, os valores elevados indicam grande quantidade de matéria orgânica em decomposição, associadas ao arraçoamento, às suas excretas e perdas dos peixes. e os nutrientes orgânicos não possuem elevado níveis de sais e muitas vezes têm uma CE muito baixa.

FIGURA 28: Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 1º Experimento.

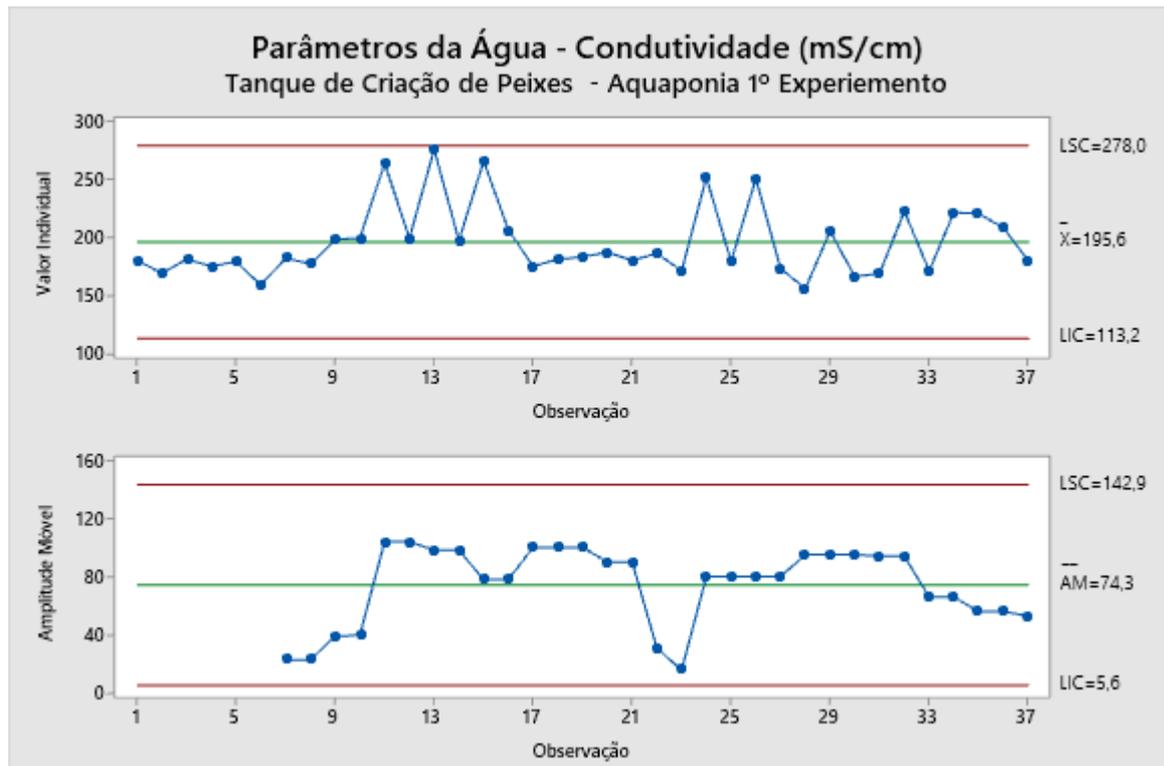


FIGURA 29: Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de retorno do sistema de aquaponia. 1º Experimento.

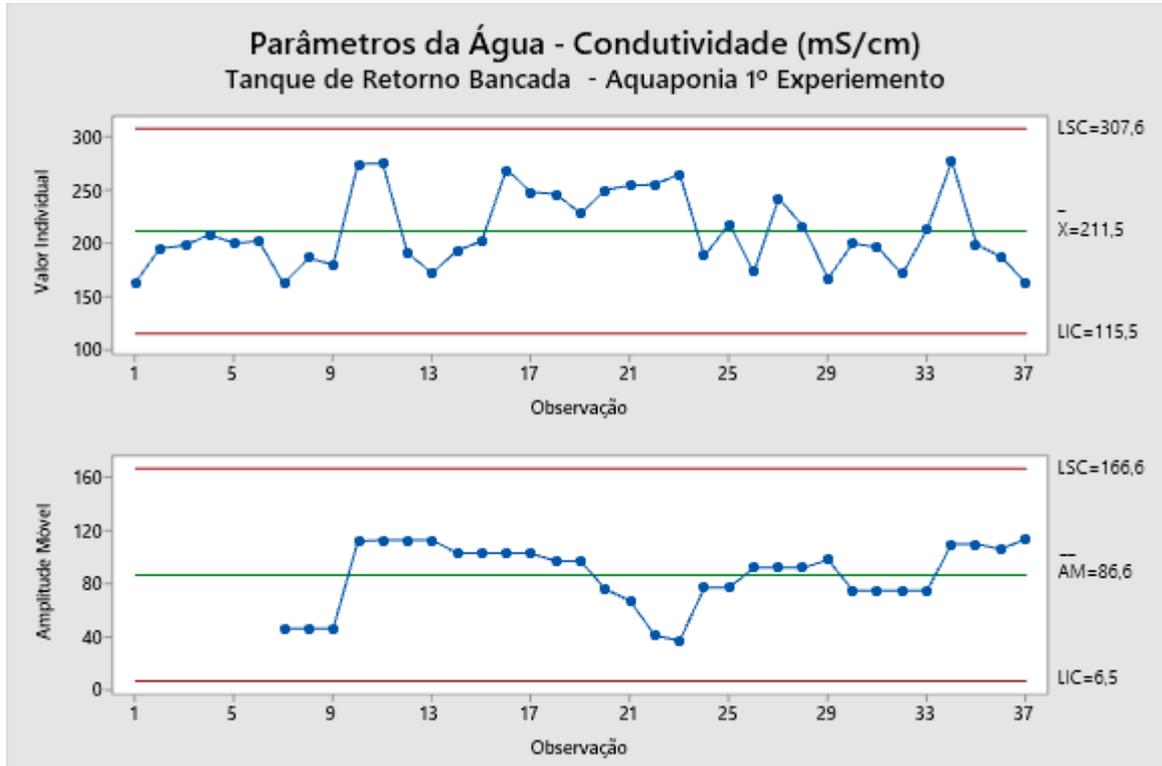


FIGURA 30: Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 2º Experimento.

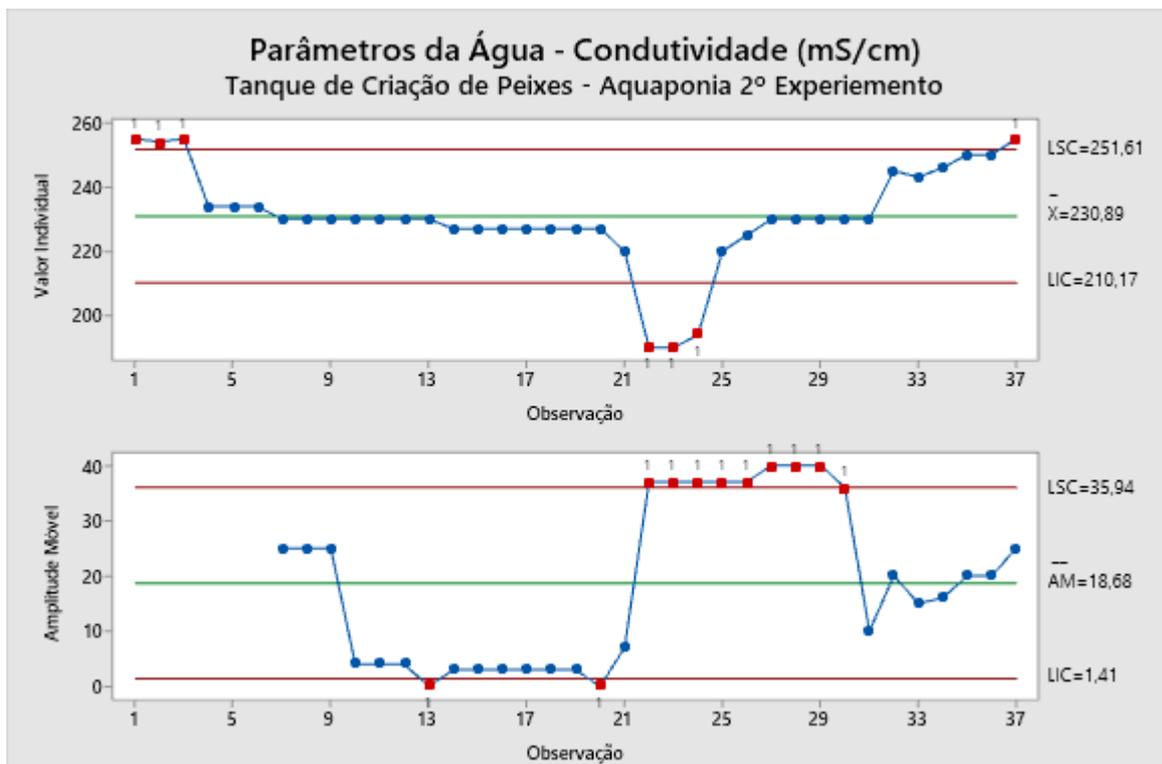
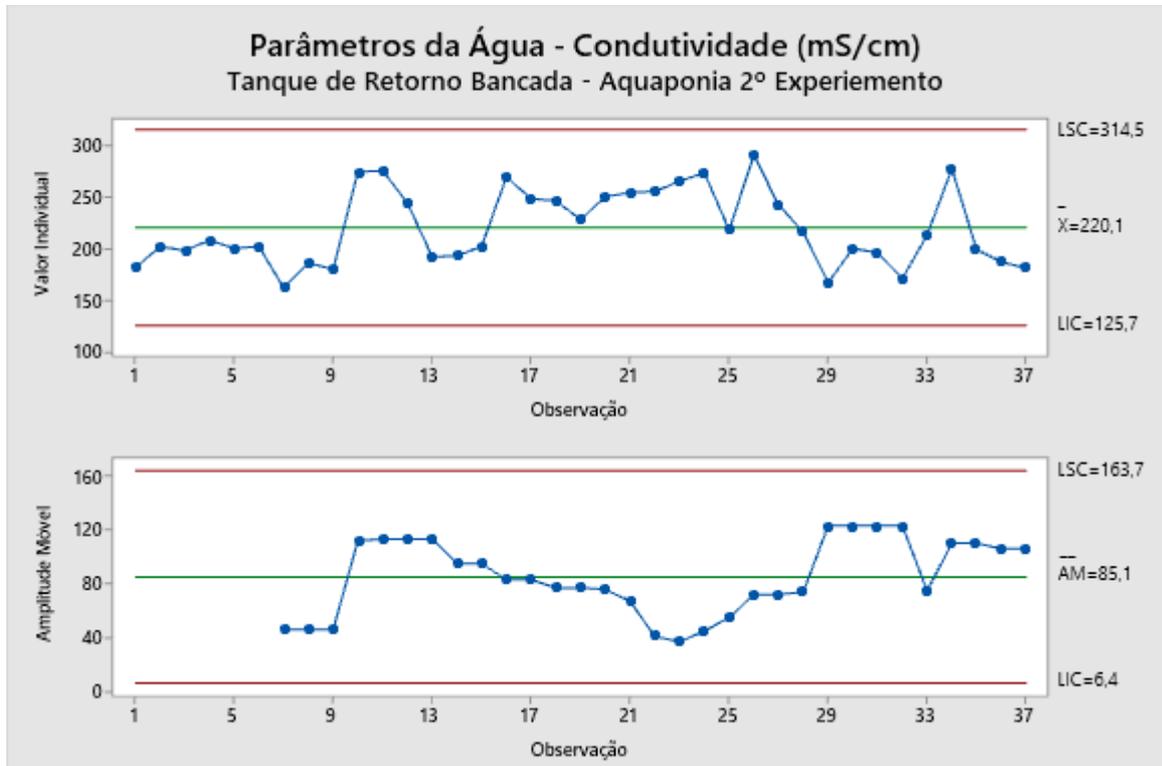


FIGURA 31: Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de retorno do sistema de aquaponia. 2º Experimento.



A CE verificada no sistema de hidroponia, no período de ambos os experimentos obteve uma variação de 1.600 a 800 (mS/cm) observando a menor concentração de CE no final da produção. No cultivo hidropônico há uma correção dos nutrientes durante o cultivo, o que mantém os níveis de CE no sistema tanto no tanque de solução quanto no retorno da hidroponia podendo ser observada nas Figuras 32 e 33, 34, observado somente um controle estatístico para o retorno da bancada, pela diminuição da concentração nutricional e absorção das plantas (Figura 35).

FIGURA 32: Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de solução do sistema de hidroponia. 1º Experimento.

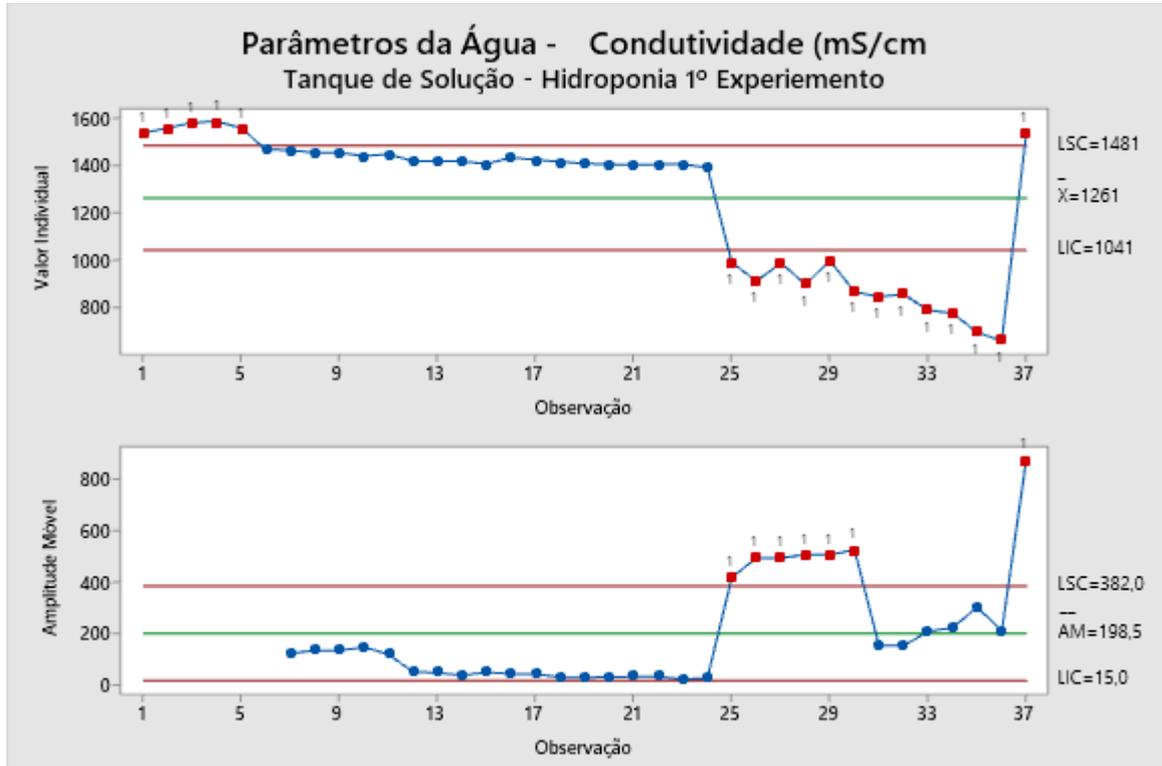


FIGURA 33: Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 1º Experimento.

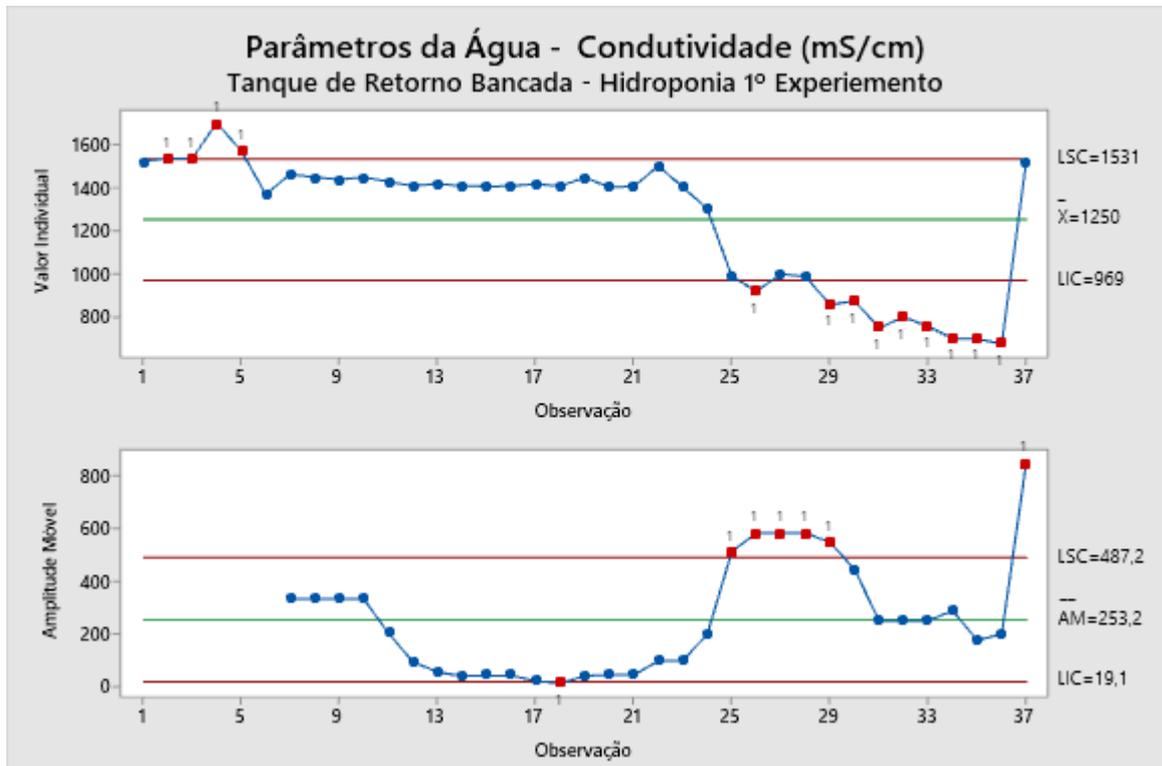


FIGURA 34: Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de solução do sistema de hidroponia. 2º Experimento.

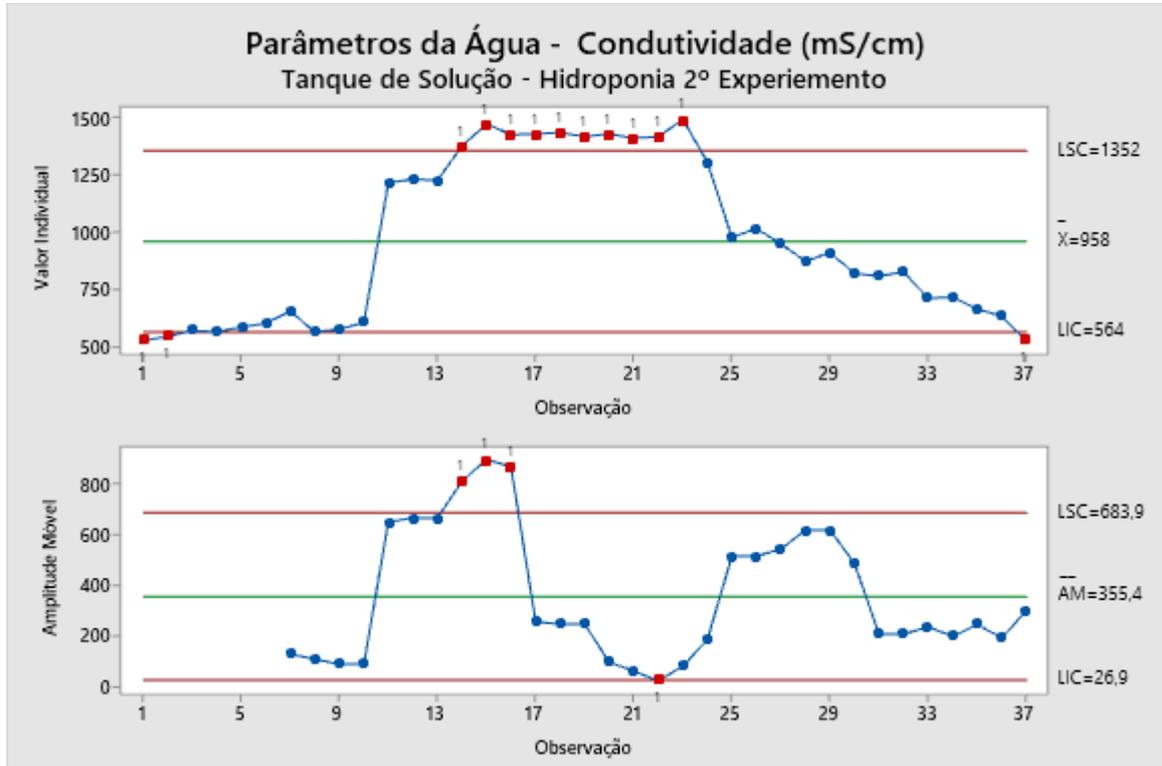
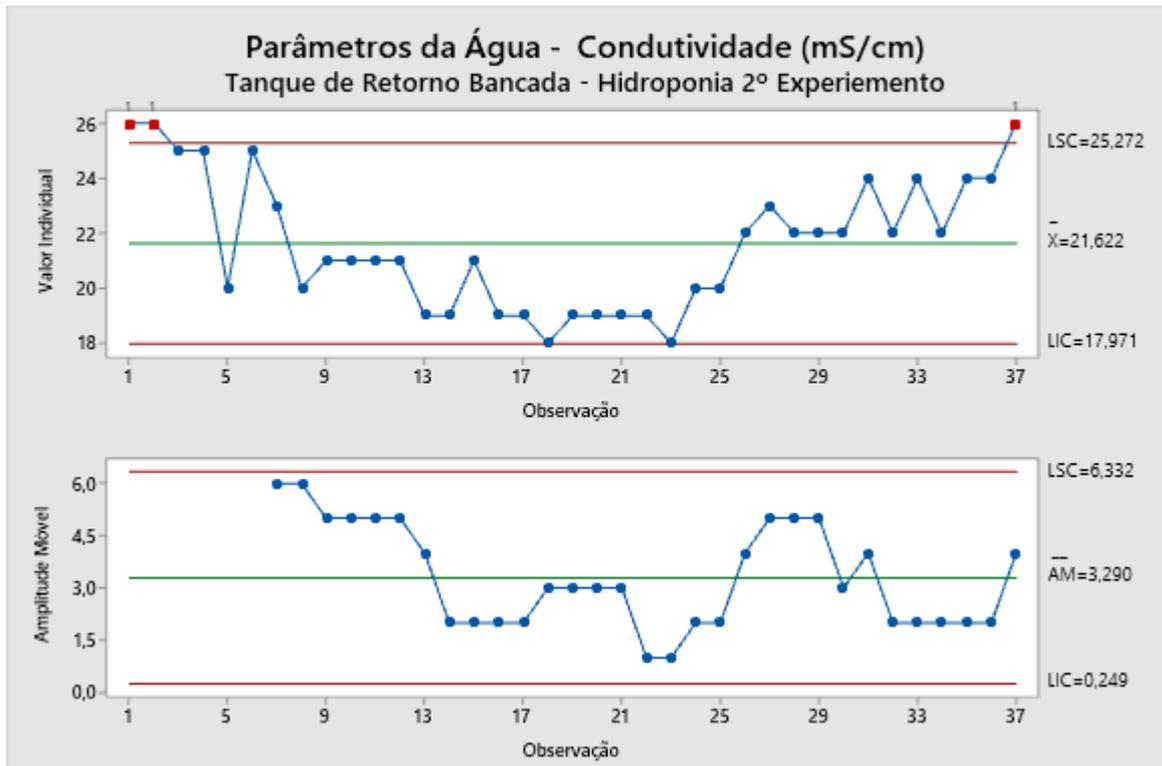


FIGURA 35: Resultados parâmetros da água para Condutividade (mS/cm) no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 2º Experimento.



O Sólido Total Dissolvido (TDS) mede a quantidade sais que foram dissolvidos na água, esses minerais dissolvidos não são removidos pela filtragem mecânica ou biológica, sendo absorvido através de membrana celular das plantas por osmose reversa ou destilação, se a quantidade de TDS no meio de cultivo for elevada, os sistemas radiculares das plantas apresentaram problemas de absorção nutricional, afetando seu desenvolvimento. (QUEIROZ, 2017).

Os valores máximos de TDS apresentados nos experimentos 1º e 2º do sistema de aquaponia foram de 300 mg/l para tanque dos peixes e de 179 mg/l no retorno da bancada, indicando quantidade de nutrientes dissolvidos em água suficientes para garantir o desenvolvimento e crescimento da produção vegetal. No 1º experimento foi observado um controle estatístico apontando apenas um ponto fora de controle no 9º dia de estudo onde possivelmente obteve uma possível alta do valor do TDS sendo confirmado no gráfico de amplitude (Figura 36) e para o retorno da bancada, foi observado um descontrole apenas para o final do experimento (Figura 37). Verificamos que no 2º experimento a alta sugerida dos valores de TDS também foi observada com o descontrole estatístico decorrentes de vários pontos fora do limite de controle tanto para LSC quanto para LIC (Figura 38), o mesmo não ocorreu para o retorno da bancada (Figura 39) permanecendo dentro dos limites estatísticos, sugerindo boa absorção dos nutrientes presentes na água, corroborando com valores e eventos ocorridos em literatura.

Estudos que avaliaram qualidade de água no desenvolvimento de sistemas aquapônicos, encontraram valores de TDS de 344mg/L a 361mg/L, observando menores valores nas primeiras fases do desenvolvimento das plantas, destacando-se um aumento ao longo das semanas (KUHNNEN, et al., 2016).

FIGURA 36: Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de peixes do sistema de aquaponia. 1º Experimento.

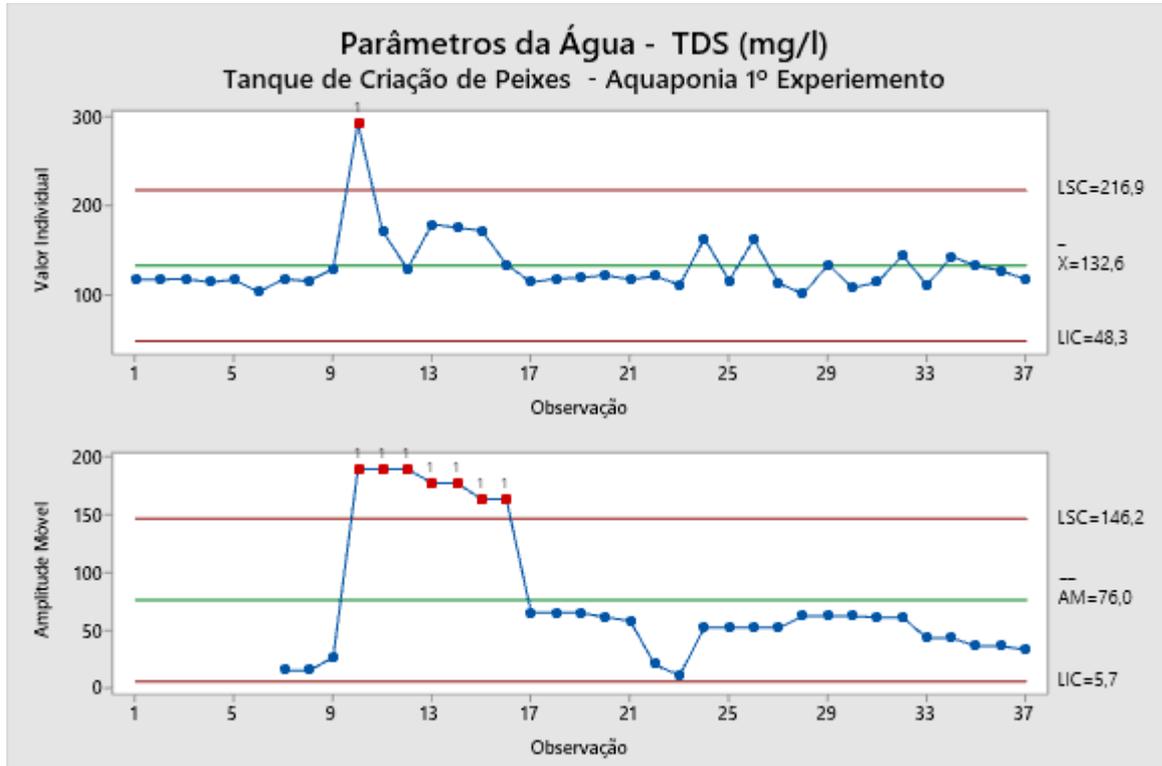


FIGURA 37: Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de aquaponia. 1º Experimento.

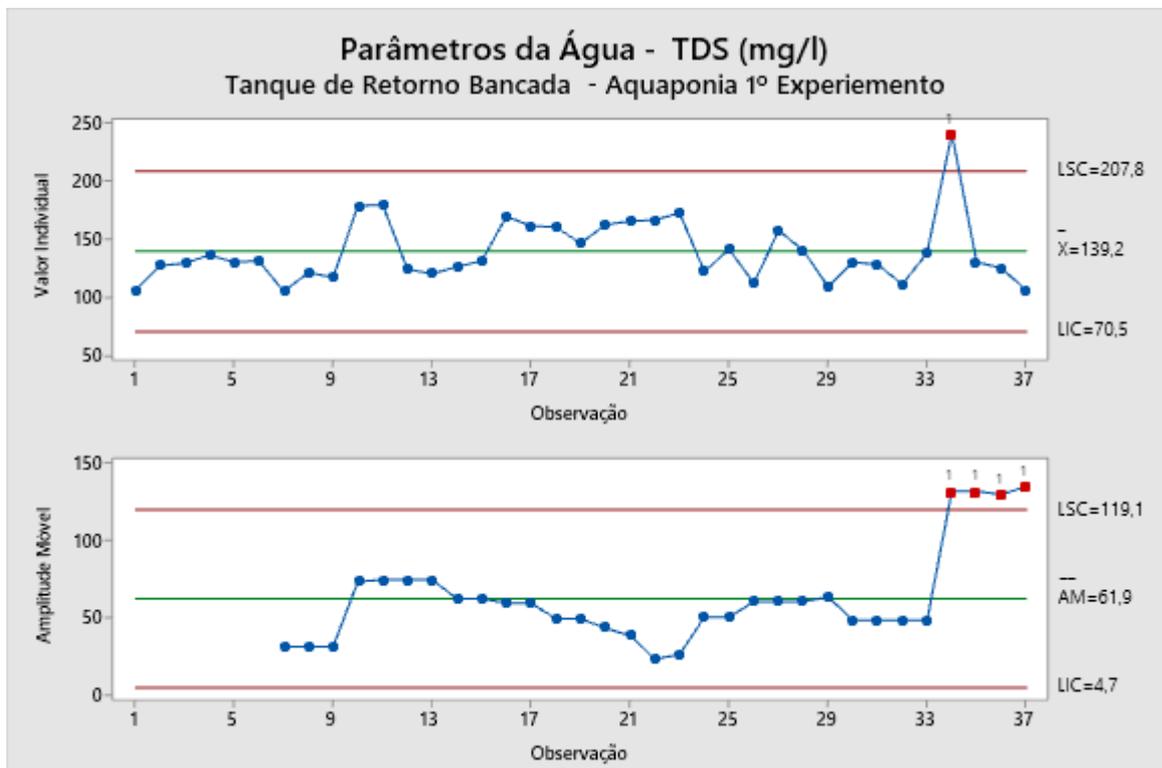


FIGURA 38: Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 2º Experimento.

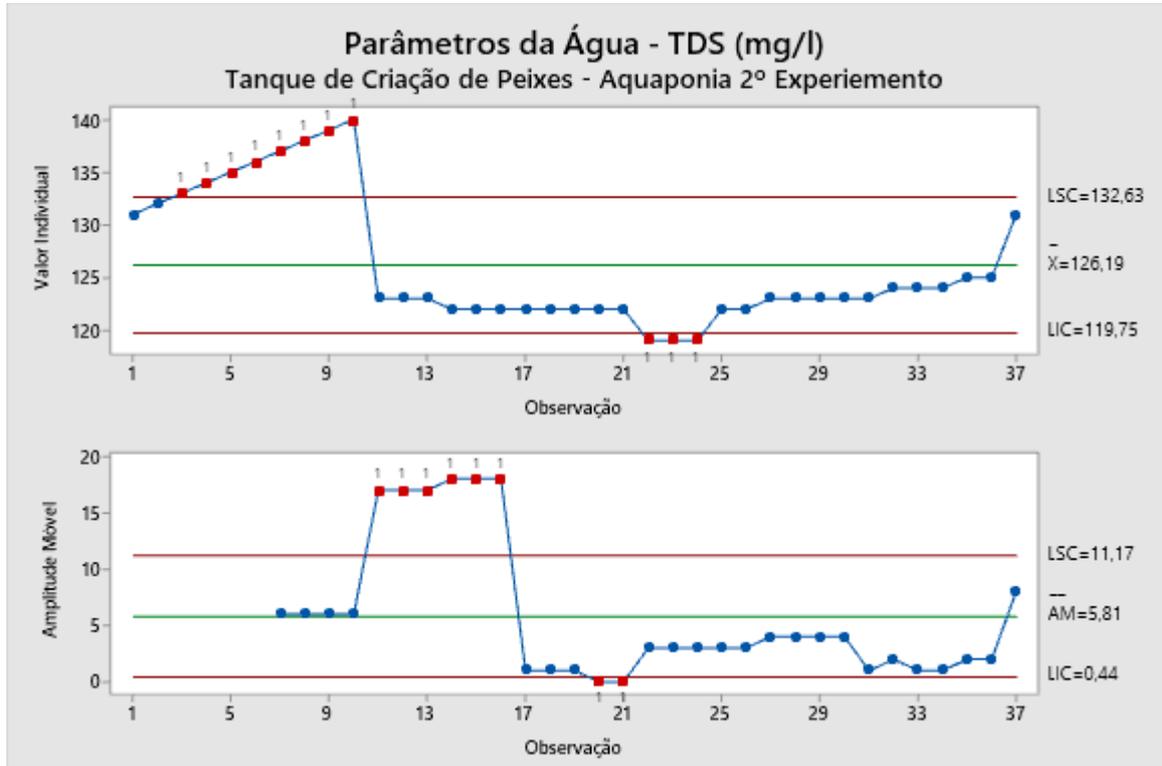
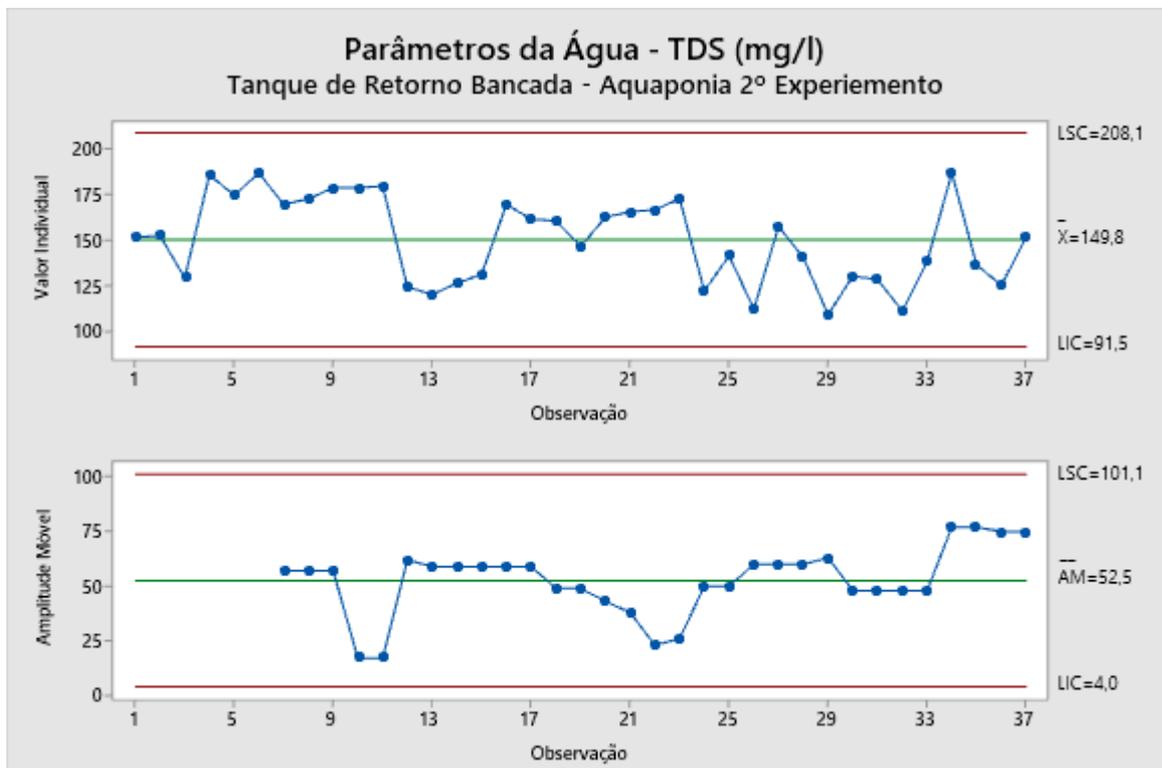


FIGURA 39: Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de aquaponia. 2º Experimento.



O sistema de cultivo hidropônico apresentou TDS de 1.500 a 500 mg/L durante ambos os experimentos 1º e 2º, observando um decréscimo de acordo com o desenvolvimento das plantas, sendo acentuado no período final de produção, porém atendendo a demanda suficiente necessário de nutrientes de acordo com orientação da solução hidropônica recomendada na literatura. As Figuras 40-41, 42-43, apresentou descontrole estatístico ao início e final de experimento e tanto para LSC quanto para LIC, corroborando com dados encontrados em literatura.

Um parâmetro importante para o crescimento e vigor das plantas envolvem o suprimento de absorção dos nutrientes dissolvidos em água, chamado de sólidos totais dissolvidos (TDS). O TDS mede vários sais dentro do sistema de cultivo. Os valores recomendados para sólidos dissolvidos totais devem permanecer abaixo de 500mg/L (CONAMA 357/2005).

FIGURA 40: Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de solução do sistema de hidroponia. 1º Experimento.

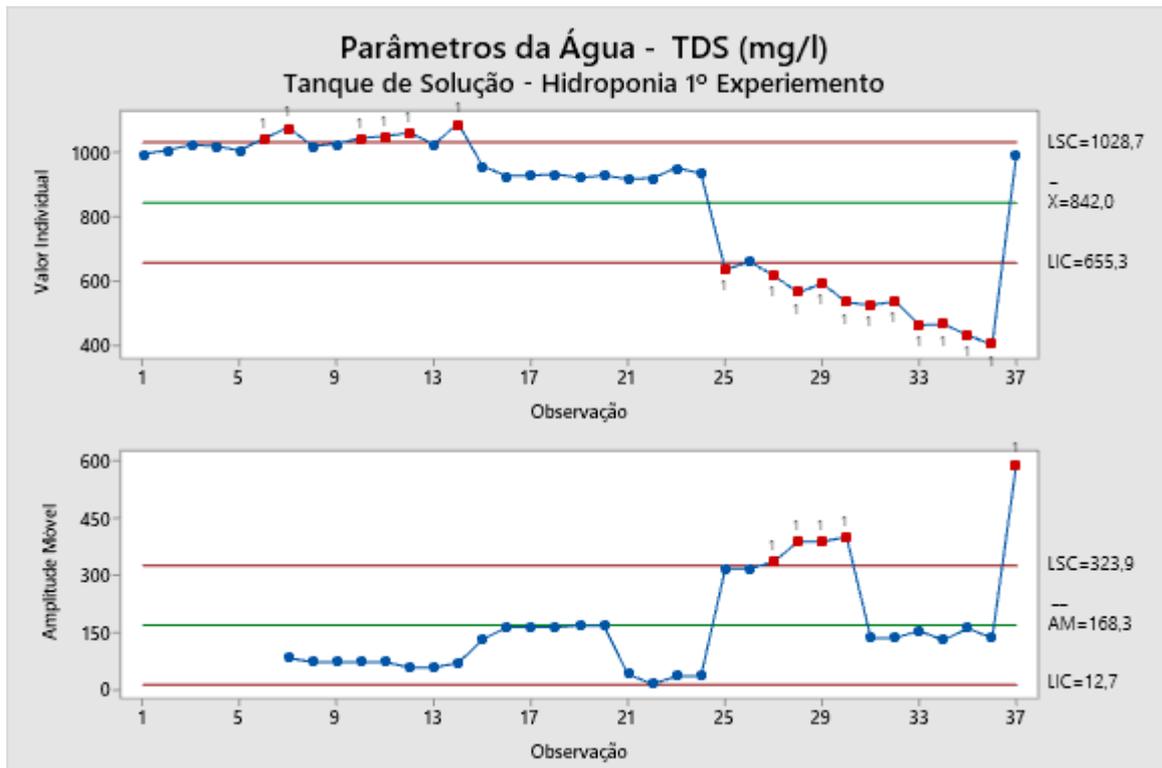


FIGURA 41: Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 1º Experimento.

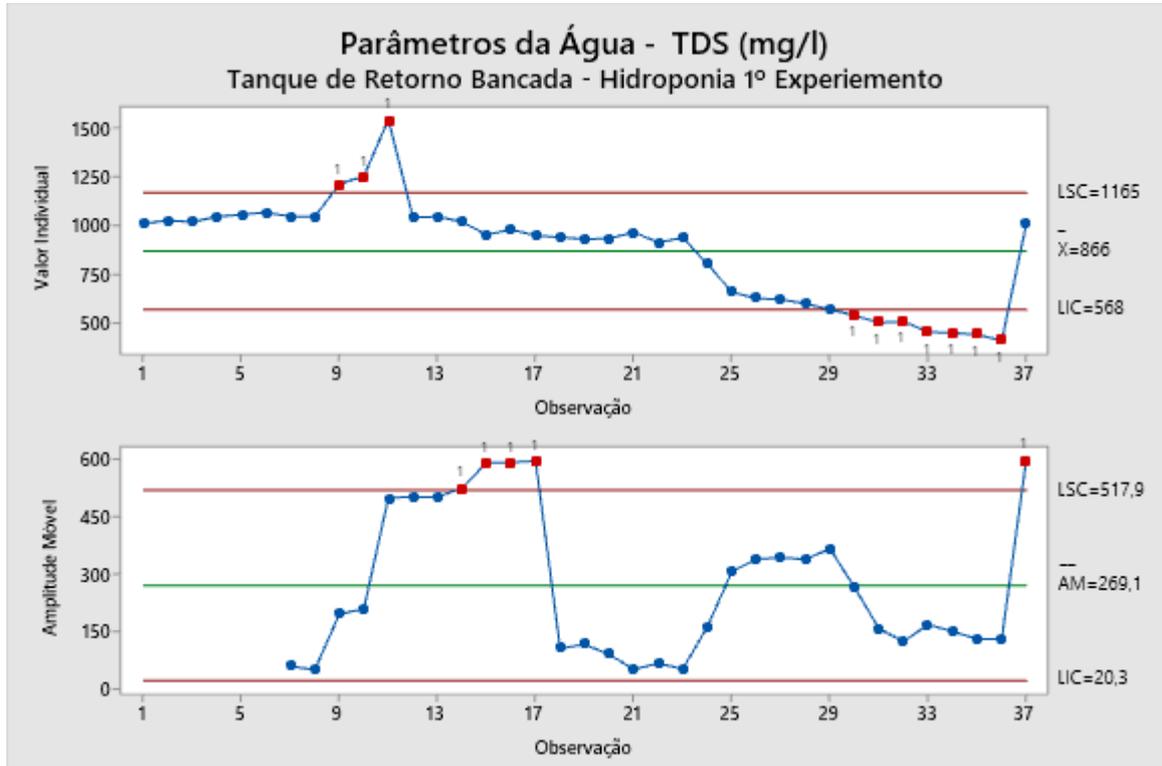


FIGURA 42: Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de solução do sistema de hidroponia. 2º Experimento.

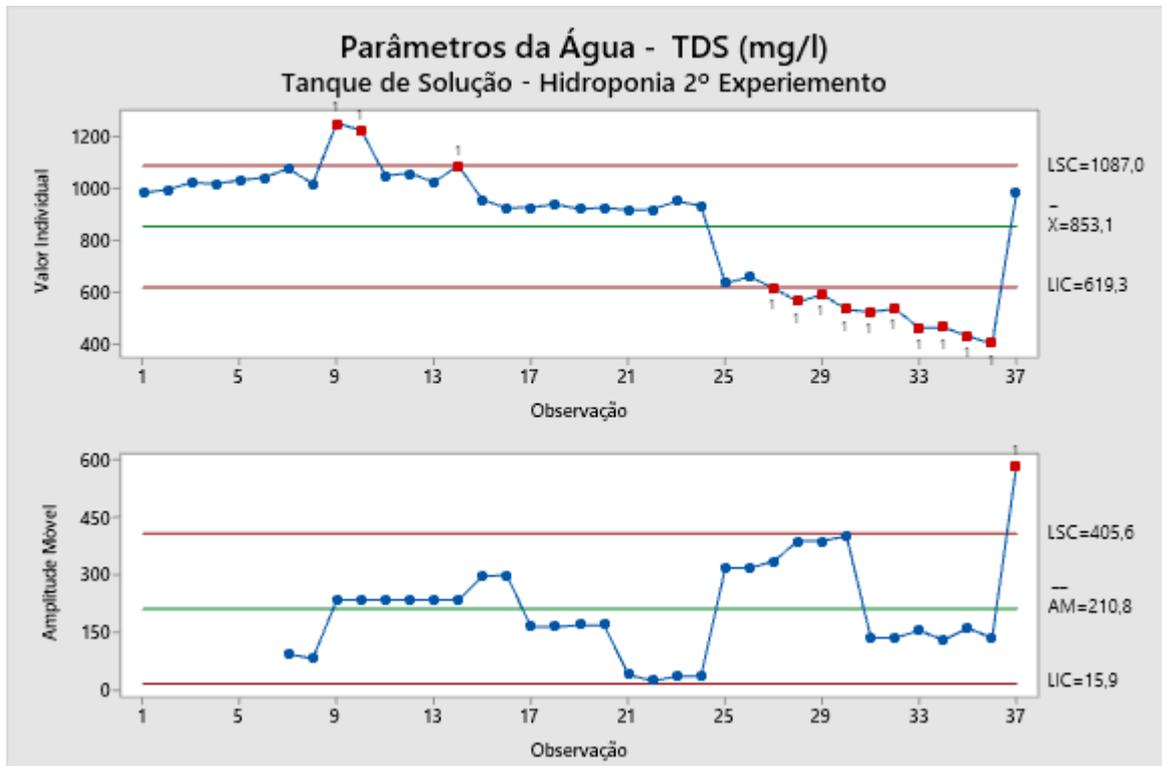
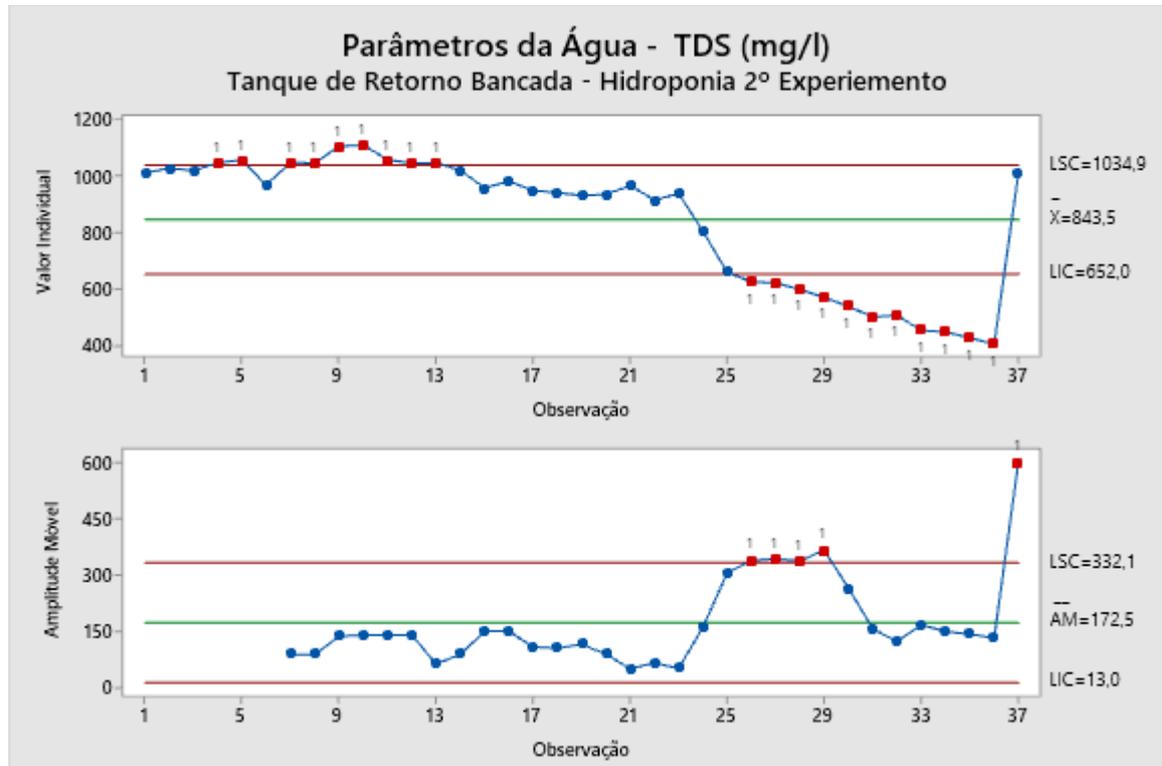


FIGURA 43: Resultados parâmetros da água para TDS (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 2º Experimento.



De acordo Queiroz (2017) a unidade padrão medida Oxigênio dissolvido (OD) é miligramas por litro (mg/l) ou partes por milhão (ppm), sua concentração presente na água pode variar de acordo com a pressão atmosférica (latitude) e com a temperatura do ambiente. O OD é essencial para o crescimento de qualquer produção aquática sendo necessário ser superior que 3ppm ou 10mg/L. O autor menciona ainda, que durante a degradação da matéria orgânica, as bactérias nitrificantes fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios

Nos experimentos E1 e E2 de ambos os sistemas, foi observado uma variação do OD atingindo de 90mg/L a 10mg/L (Figura 23), apesar de terem apresentado dentro dos limites normais descritos na literatura para ser obter o crescimento das plantas e sendo observado vigor das raízes e crescimento satisfatório e nenhuma anormalidade decorrente a falta de oxigenação aos peixes, sendo propício para o bom desenvolvimento e saúde, foi verificado nos resultados das Figuras 44-45 e 46-47, para o 1º e 2º experimento do sistema de aquaponia e Figuras 48-49 e 50-51 para o 1º e 2º experimento do sistema de hidroponia, vários pontos de descontrole estatístico do início ao final do estudo para os limites inferior e superior de controle, demonstrando necessidade de verificação de possível causas para abaixa ocorrência do oxigênio dissolvido, e efetuando ações para o maior controle, pois no sistema de

aquaponia, os peixes são os indivíduos que merece maior atenção à baixas concentrações de oxigênio interferindo diretamente no desenvolvimento e crescimento, já que o estado nutricional do sistema é dependente da saúde dos peixes. E para as plantas, foi observado um bom crescimento e nenhuma anormalidade nas raízes ou atraso em seu desenvolvimento, porém é sugestivo de maior atenção, já o estudo poderia ter obtido maior êxito com maiores concentrações de OD, como encontrado em estudos.

Para Fiorucci (2005) os processos vitais do sistema radicular das plantas, como a absorção de nutrientes e manutenção do metabolismo basal (funcionamento adequado das raízes), envolvem gasto de energia produzida a partir da respiração radicular, que é diretamente dependente do O₂ dissolvido na solução nutritiva, e a quantidade de O₂ dissolvido na solução de nutrientes, por sua vez, depende da temperatura da solução ou das características físicas do substrato (porosidade). A falta de oxigenação nas raízes prejudica a absorção de nutrientes, pela falta de energia gerada (ATP) no processo de respiração radicular. Sendo a concentração adequada de O₂ dissolvido considerada como adequada entre 5 a 10 ppm (mg L⁻¹).

De acordo com Gondim (2010) valores de oxigênio dissolvido superiores a 5mg/L possibilitam adequada aeração para os peixes em sistemas de produção de peixes em cativeiro integrado à hidroponia apresentou dados satisfatórios, ressaltando que os peixes são capazes de fornecer quantidades suficientes de quase todos os nutrientes que as plantas necessitam para se desenvolver.

FIGURA 44: Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 1º Experimento.

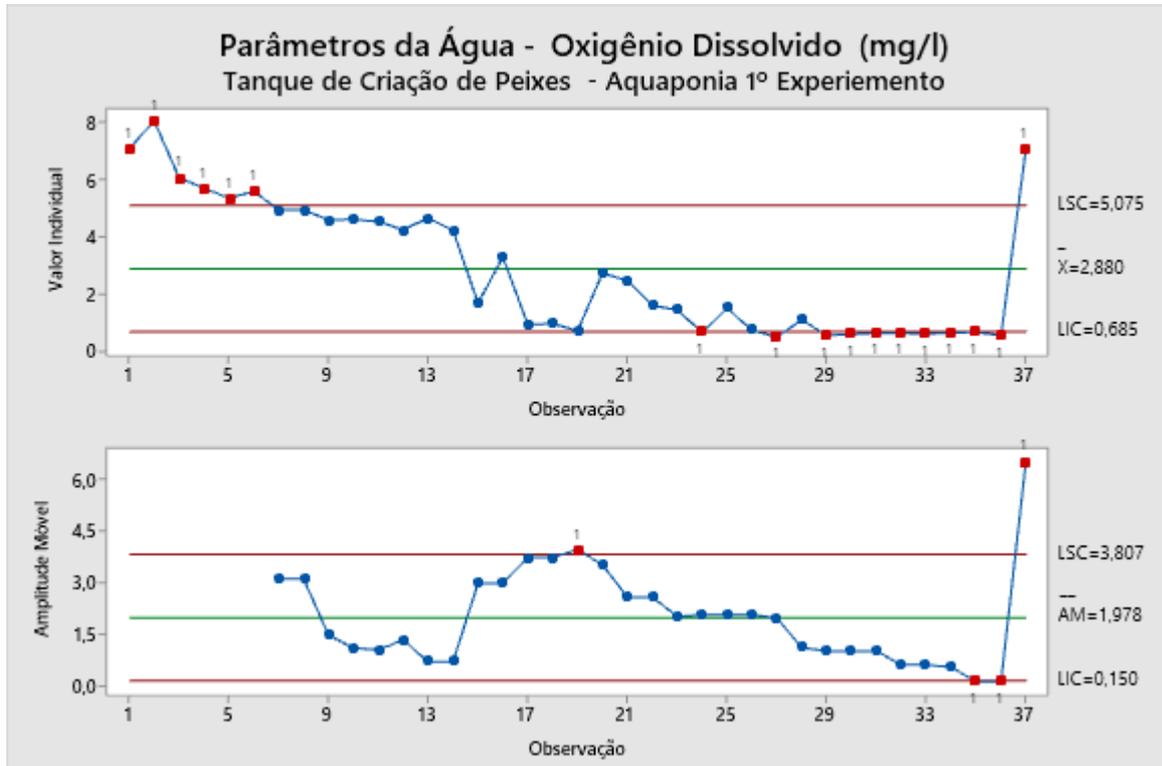


FIGURA 45: Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de aquaponia. 1º Experimento.

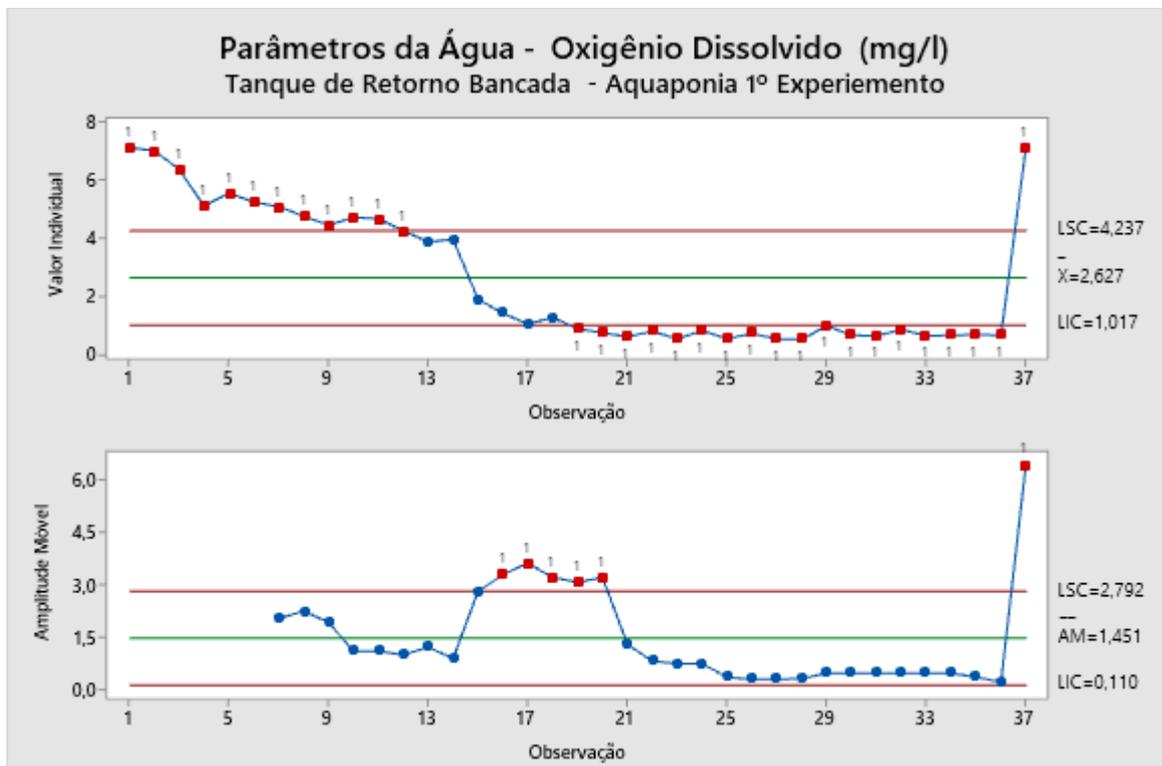


FIGURA 46: Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 2º Experimento.

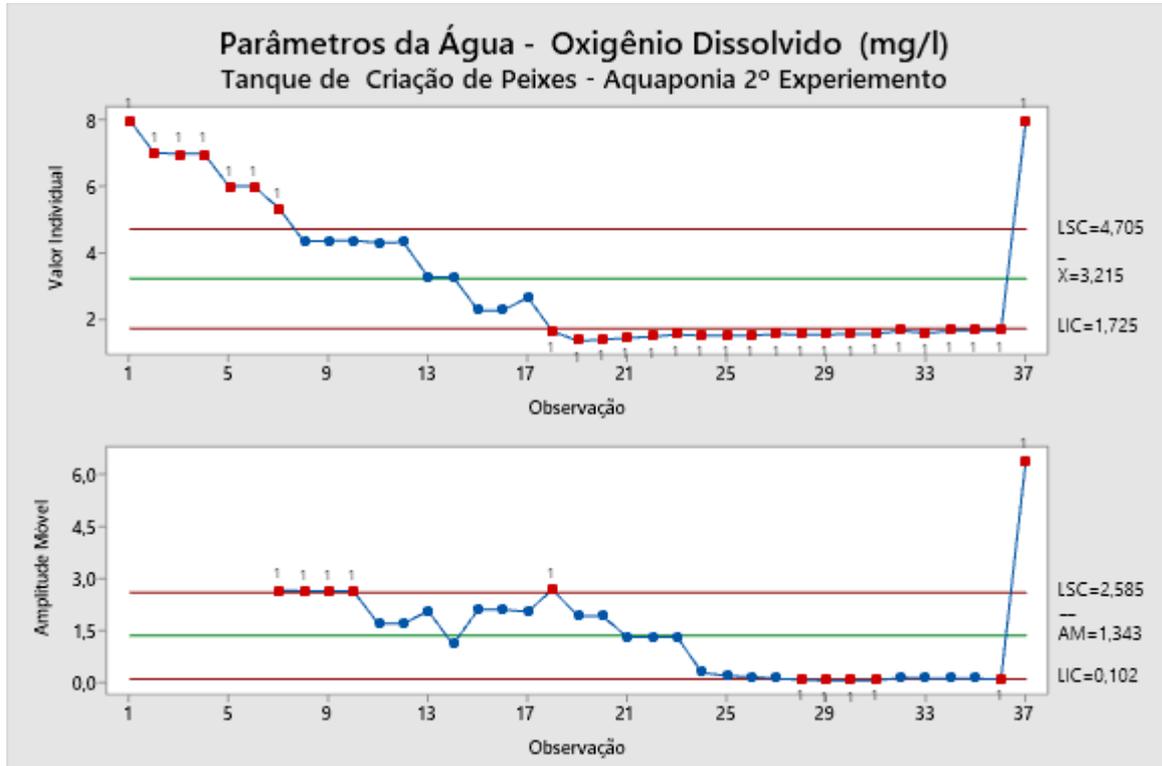


FIGURA 47: Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de aquaponia. 2º Experimento.

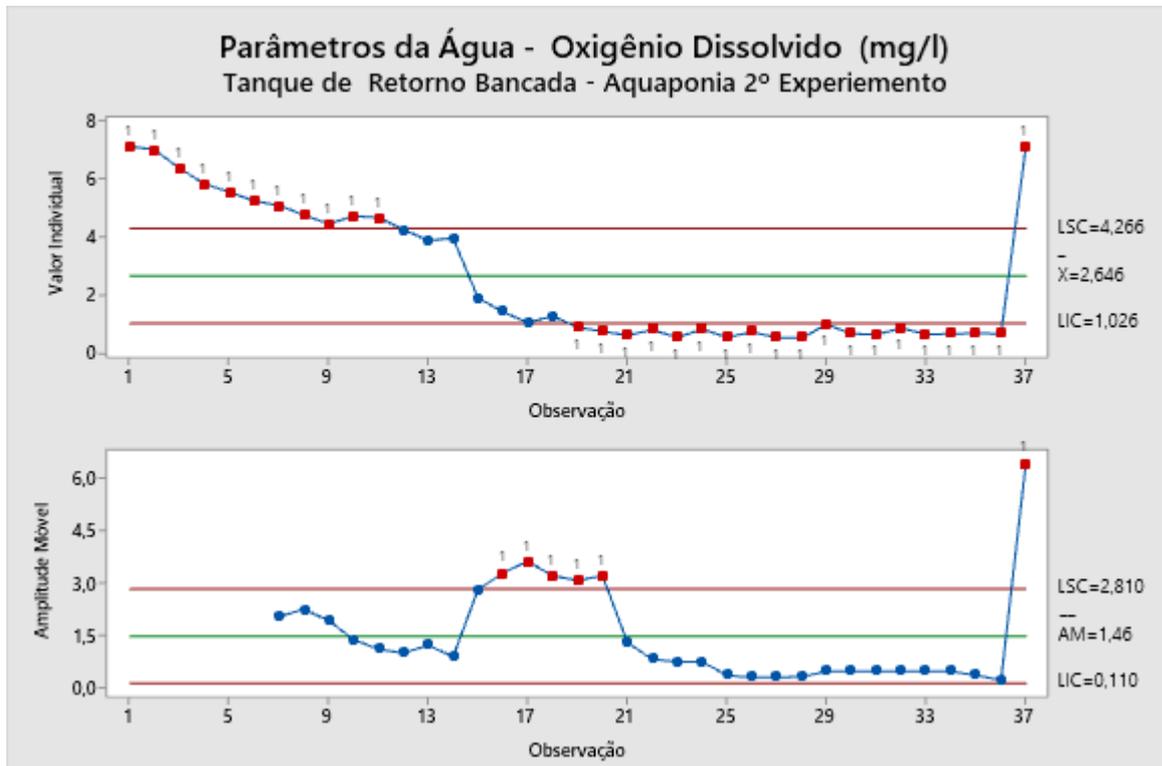


FIGURA 48: Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de solução do sistema de hidroponia. 1º Experimento.

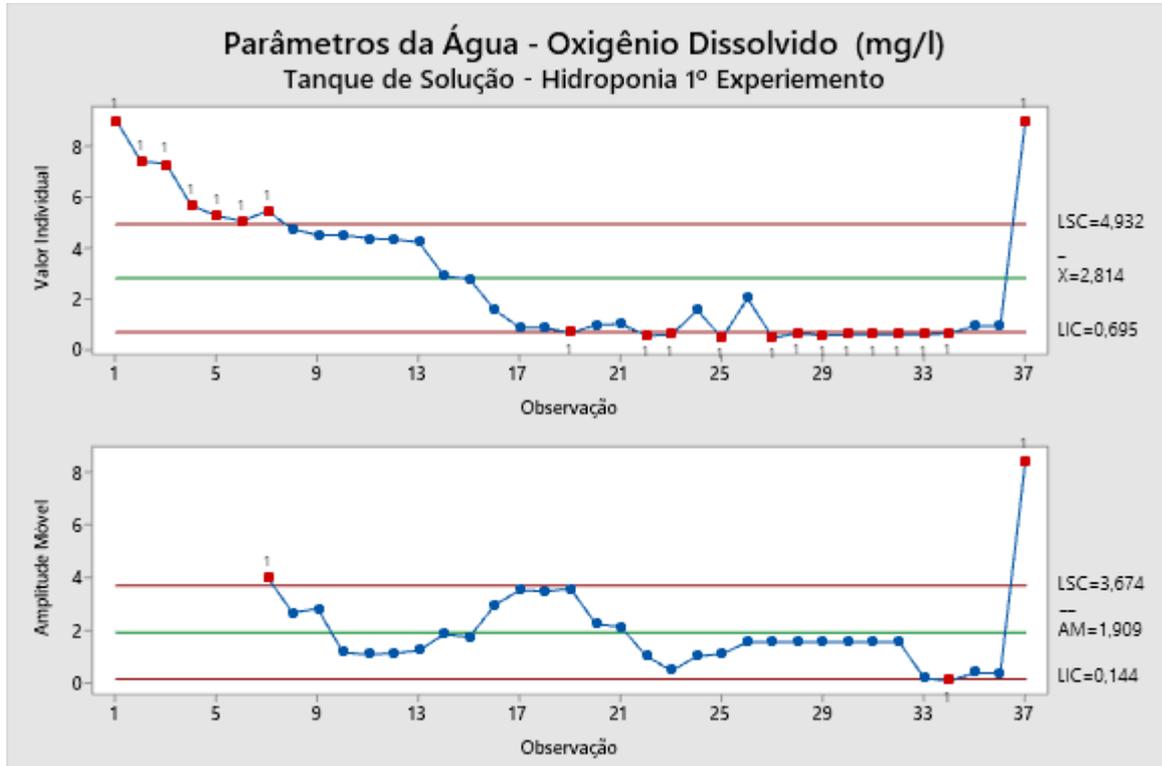


FIGURA 49: Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 1º Experimento.

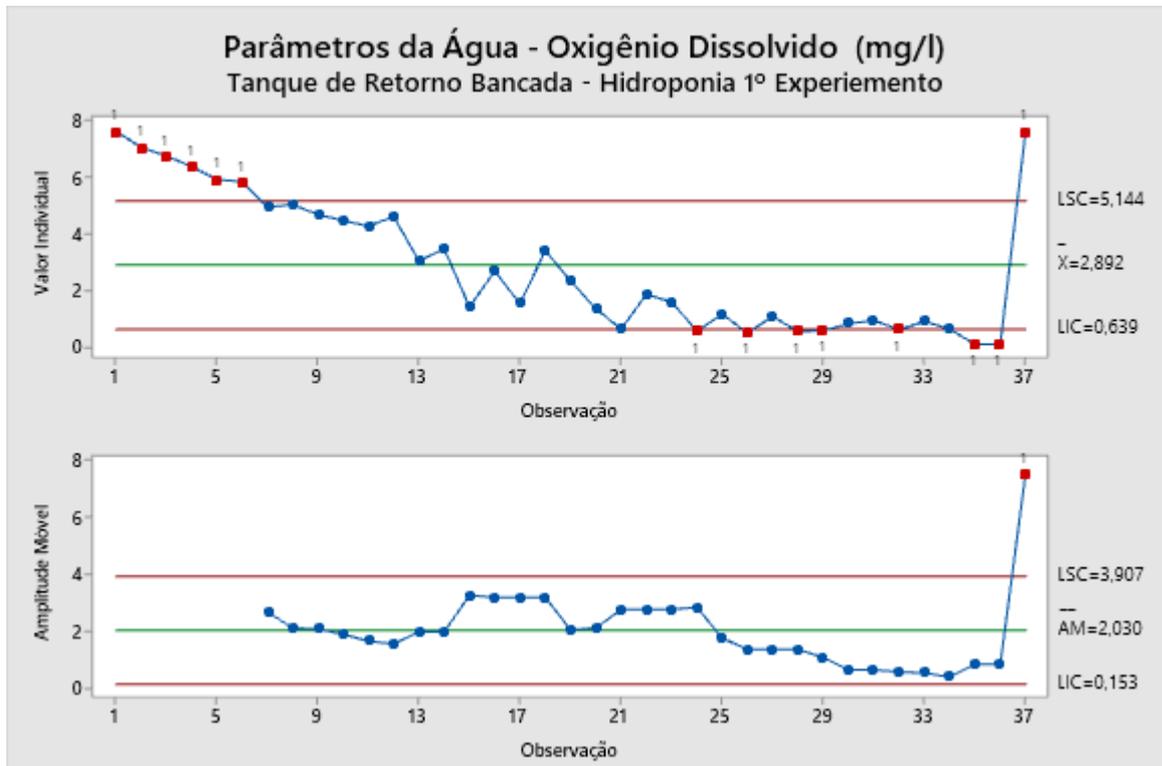


FIGURA 50: Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de solução do sistema de hidroponia. 2º Experimento.

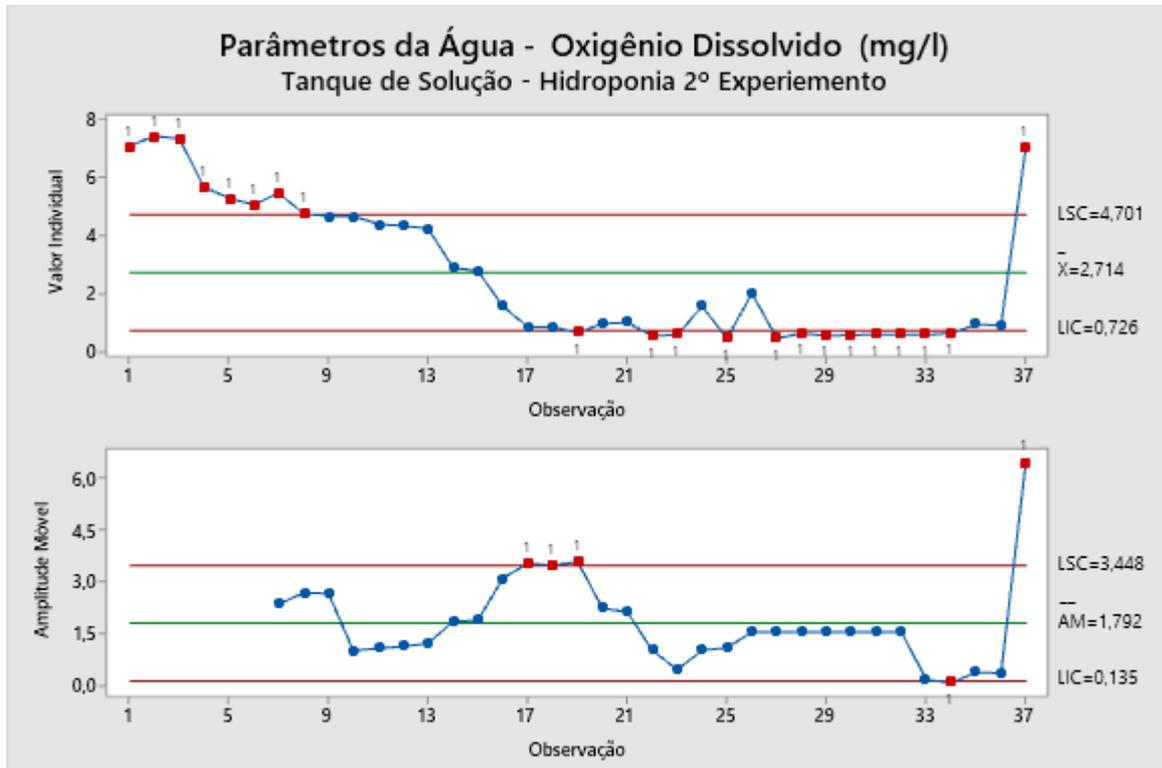
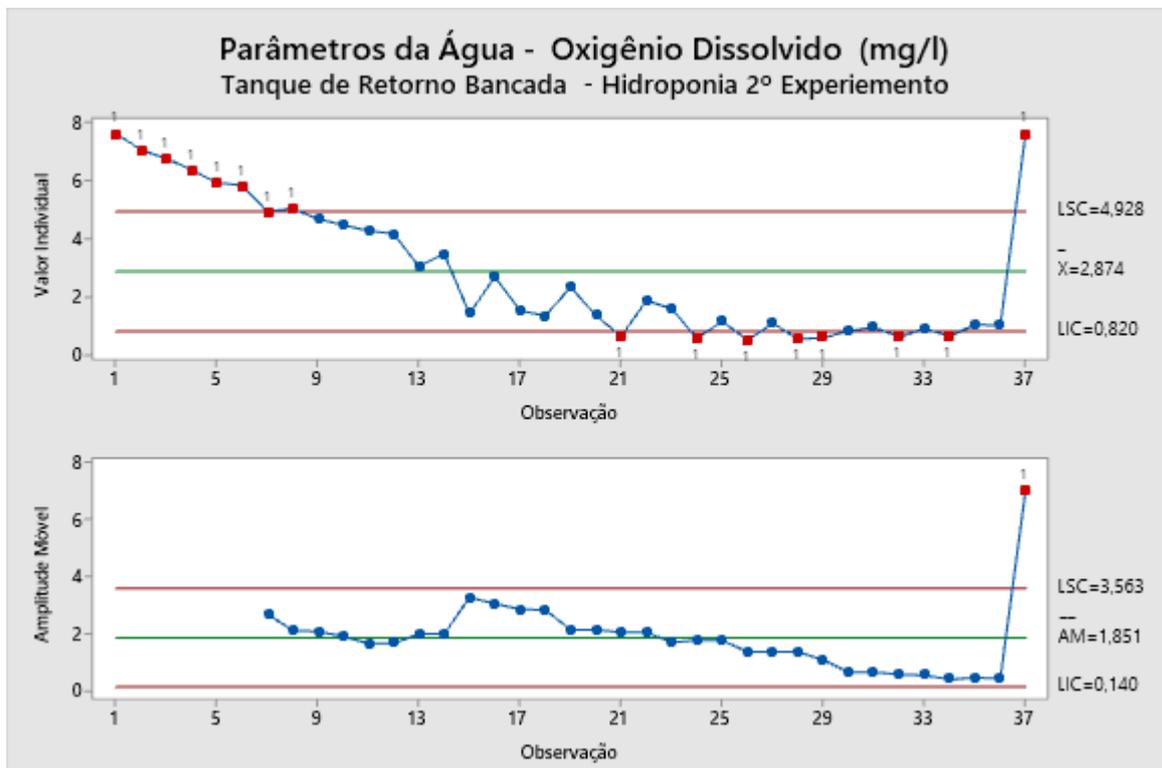


FIGURA 51: Resultados parâmetros da água para Oxigênio Dissolvido (mg/l) no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 2º Experimento.



De acordo com Carmello (1996) o monitoramento dos níveis de pH da água em ambos os sistemas de cultivo, é importante pois a maioria das plantas se desenvolvem melhor quando a solução de nutrientes está entre 6 e 7.5. Esse é o intervalo em que todos os nutrientes ficam disponíveis de maneira ideal para as plantas. Em sistema de aquaponia, as bactérias nitrificantes que degradam a matéria orgânica (diminuindo o pH), quebram os nutrientes em formas que as plantas podem absorver. Se os níveis de pH estiverem altos, podem prejudicar a absorção nutricional ocorridas pelas raízes. Cita também que, o maior crescimento das plantas ocorreu na solução nutritiva com pH 6.5, e sugere que a solução nutritiva deverá ter pH entre 5.8 e 6.2 para que haja êxito do experimento.

Os resultados para variável de pH apresentaram no E1, resultados de pH 9.8 sendo observado nenhuma flutuação estatística com apenas um ponto de descontrole no início do estudo para LIC e no final para LSC para as figuras 52 e 53 do sistema de aquaponia e figuras 56 e 57 para o sistema de hidroponia, havendo necessidade de entender melhor os dados ou proceder com novo estudo com melhores amostras, identificando causa externa, pois influencia na qualidade e estabilidade estatística. Já no E2 observou-se pH de 9,8 à 11,6 e para a maioria das plantas a absorção de nutrientes é satisfatória em pH entre 6 e 7,5, porém não foi observado anormalidades nas folhas ou o retardo no desenvolvimento das plantas, tanto para o sistema hidropônico como aquapônico. Já para a produção dos peixes, espécies como a Tilápia toleram pH entre 6 a 8, o que não interferindo no crescimento e saúde dos peixes, sendo observado melhor controle estatístico em ambos os sistemas (Figuras 54-55, 58-59).

O sistema aquapônico envolve três organismos distintos (peixes, plantas e bactérias), no mesmo corpo d'água e com necessidades diferentes de pH para saúde e ótimo desenvolvimento. Recomenda-se que no sistema que integra peixes e plantas, o pH deve ser mantido na faixa entre 6,5 e 8, para atender criteriosamente a todos os ecossistemas (CARNEIRO et al., 2015).

Variações de pH entre 7.2 e 7.8 é relatado por SOMERVILLE (et al., 2014) e está relacionada com o poder tampão da alcalinidade. Cita também os sais presentes nos sistemas são capazes de reagir com ácidos carbonados podendo contribuir com a alcalinidade da água, o que permite o equilíbrio acido-básico (poder tampão).

FIGURA 52: Resultados parâmetros da água para pH no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 1º Experimento.

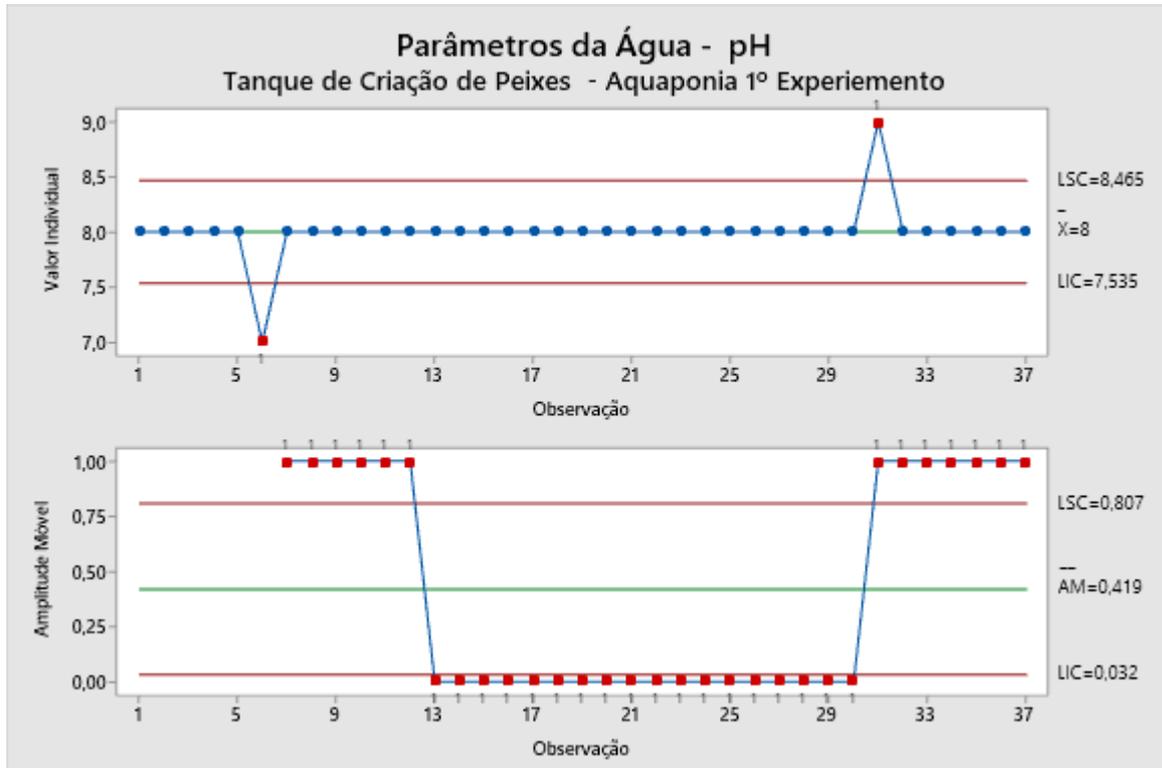


FIGURA 53: Resultados parâmetros da água para pH no tanque de retorno da bancada do sistema de aquaponia. 1º Experimento.

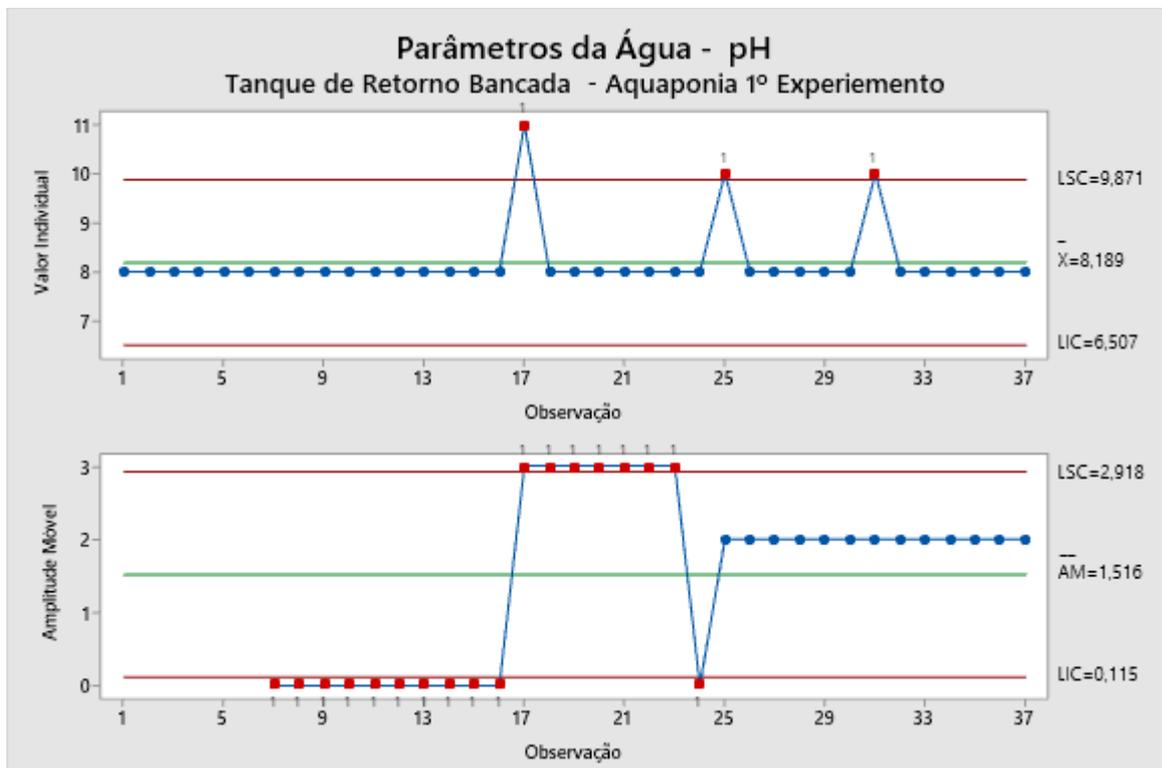


FIGURA 54: Resultados parâmetros da água para pH no tanque de criação de peixes do sistema de aquaponia. 2º Experimento.

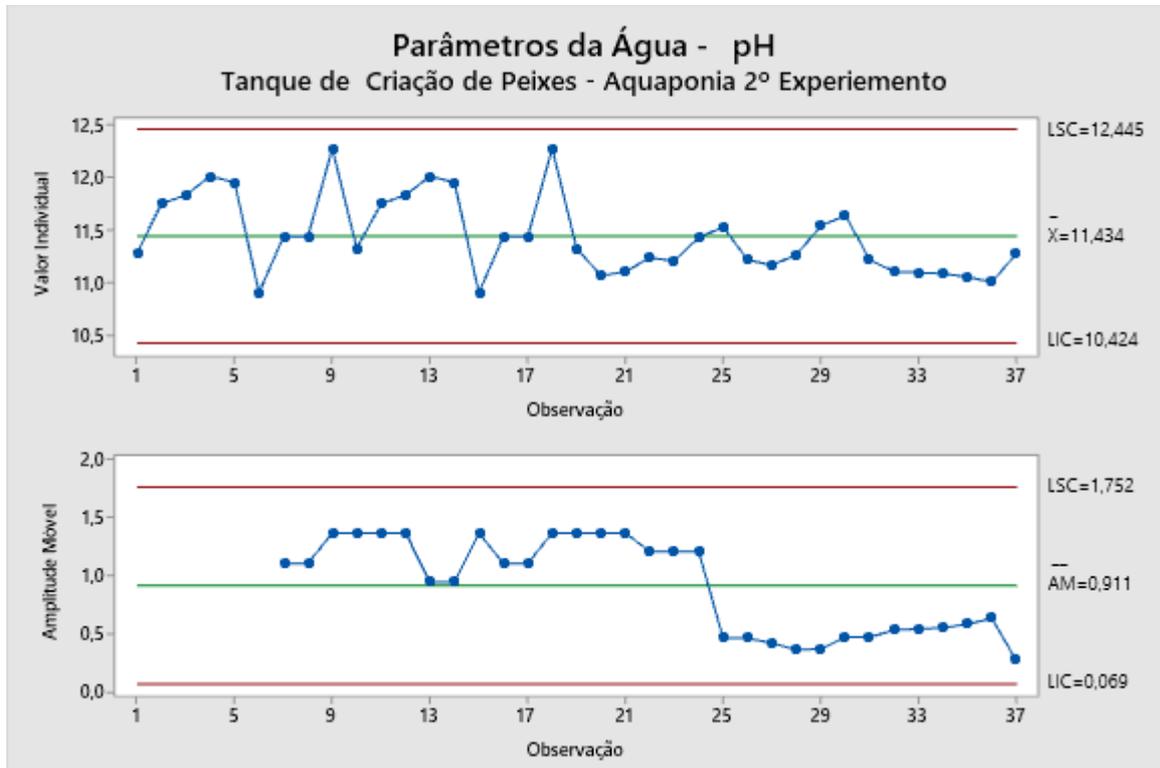


FIGURA 55: Resultados parâmetros da água para pH no tanque de retorno da bancada do sistema de aquaponia. 2º Experimento.

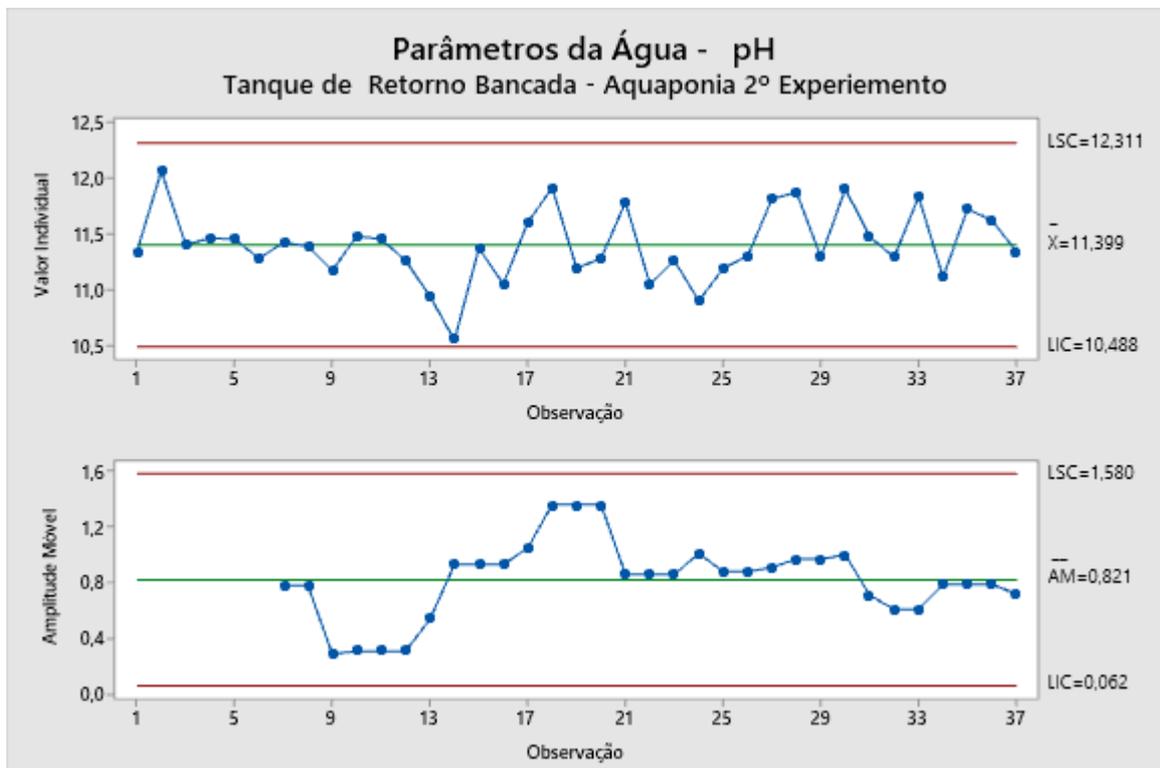


FIGURA 56: Resultados parâmetros da água para pH no tanque de solução do sistema de hidroponia. 1º Experimento.

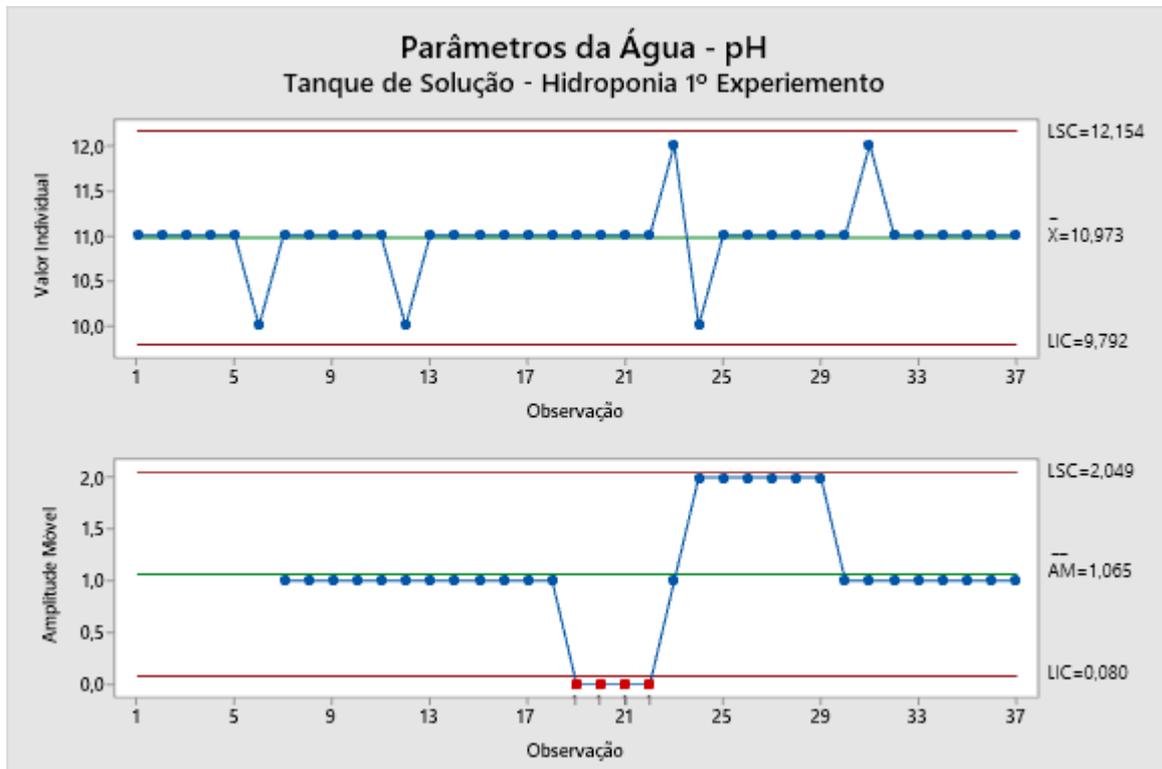


FIGURA 57: Resultados parâmetros da água para pH no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 1º Experimento.

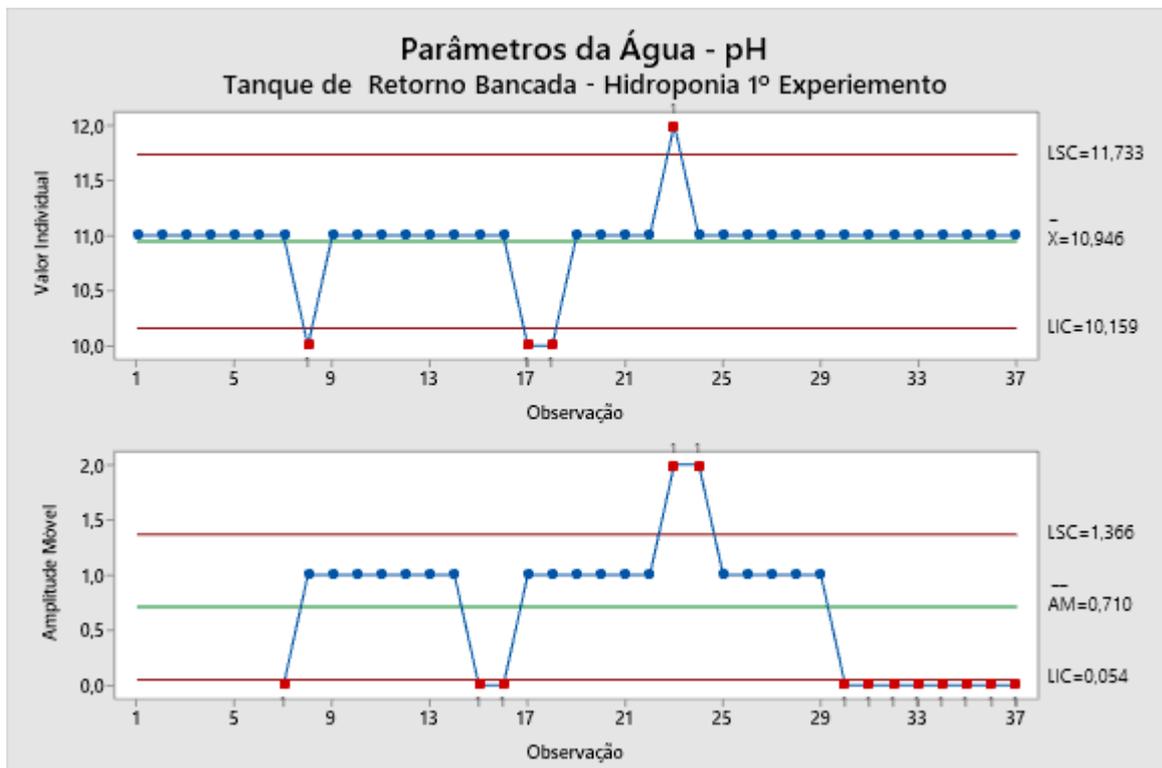


FIGURA 58: Resultados parâmetros da água para pH no tanque de solução do sistema de hidroponia. 2º Experimento.

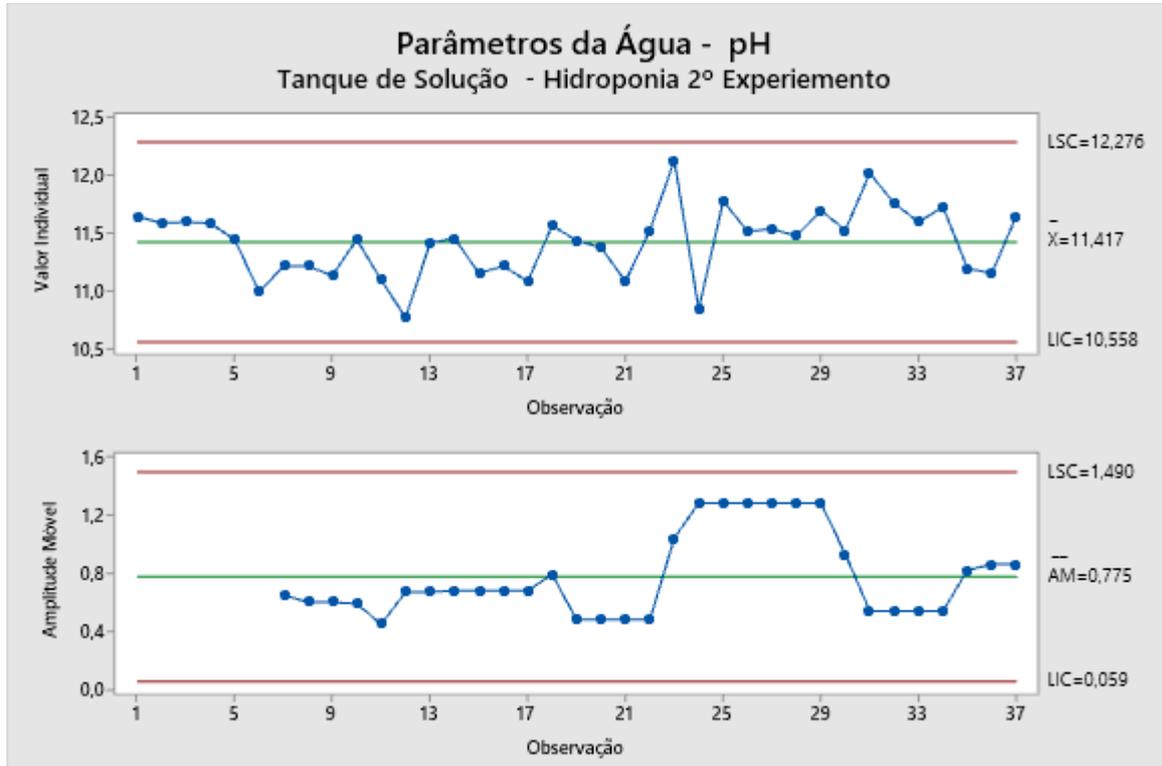
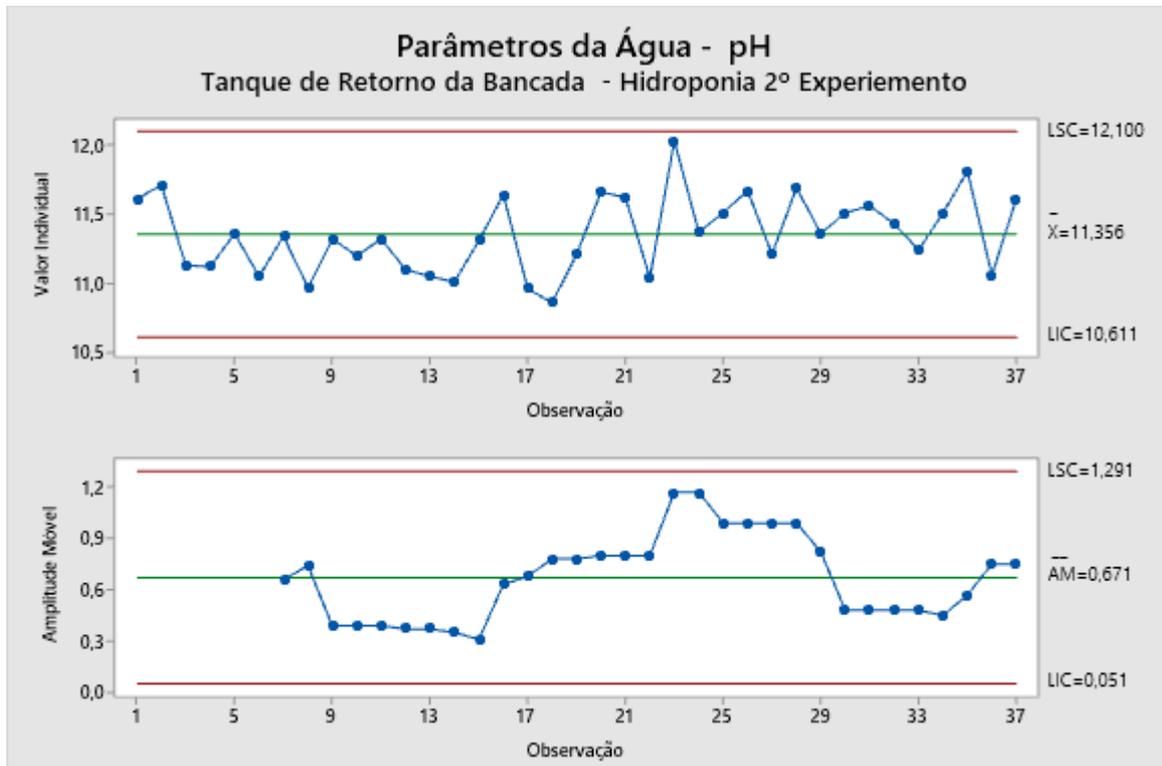


FIGURA 59: Resultados parâmetros da água para pH no tanque de retorno da bancada do sistema de hidroponia. 2º Experimento.



5.3 Análise botânica folhares e radiculares dos cultivares de alface

5.3.1 Número total de folhas (un.)

O crescimento das alfaces se deu até os 35 dias após o transplante das mudas nas bancadas, onde atingiram o ótimo desenvolvimento vegetativo e evitando processo de apendoamento. Todas as amostras das cultivares foram colhidas e o número total de folhas foi obtido pela contagem direta de cada planta do sistema de hidroponia no 1º e 2º experimento (Tabela 1).

TABELA 1. Número de folhas do 1º e 2º experimento para o sistema de hidroponia (HP). As amostras foram identificadas com as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Cultivares	HP 1º	HP 2º
A1	25	24
A2	23	24
A3	25	24
A4	22	23
A5	18	20
C1	33	24
C2	30	24
C3	37	23
C4	35	24
C5	31	20
R1	23	21
R2	19	19
R3	22	19
R4	20	21
R5	20	22
L1	40	35
L2	34	40
L3	33	27
L4	38	35
L5	34	33

Aos valores encontrados para o número folhas das amostras do sistema de hidroponia foi aplicado o Teste “t” *Student* (estatístico), para o teste utilizou-se o limite de confiança de 95% (P = 0,05). Não apresentou diferença estatística observado no valor de P = 0,1553 entre o 1º e 2º experimento para a produção do sistema de hidroponia, porém o 1º experimento apresentou a média de 28,1 (Tabela 2) portanto maior produtividade.

TABELA 2. Teste-t do 1º (HP1º) e 2º (HP2º) experimento para hidroponia para número de folhas.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	HP 1º	HP 2º
Média	28,1	25,1
Variância	50,41	35,25263
Observações	20	20
Variância agrupada	42,831	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	1,4495	
P(T<=t) uni-caudal	0,0776	
t crítico uni-caudal	1,6859	
P(T<=t) bi-caudal	0,1553	
t crítico bi-caudal	2,0243	

Para o número total de folhas do sistema de aquaponia do 1º e 2º experimento foi (Tabela 3) também não demonstrou diferença estatística com valor de $P = 0,9392$, portanto, a produtividade nos dois experimentos foi relativamente igual, observada pelas médias encontradas de 25,85 para o 1º experimento e 25.7 para o 2º experimento (Tabela 4).

TABELA 3. Número de folhas do 1º e 2º experimento para o sistema de aquaponia (AP) As amostras foram identificadas com as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Cultivares	AP 1º	AP 2º
A1	27	24
A2	23	21
A3	23	20
A4	24	23
A5	23	23
C1	30	23
C2	24	25
C3	23	26
C4	26	22
C5	24	27
R1	22	22
R2	18	29
R3	18	19
R4	18	20
R5	19	20
L1	37	38
L2	31	32
L3	36	27
L4	32	40
L5	39	33

TABELA 4. Teste-t do 1º e 2º experimento para aquaponia para número de folhas.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	AP 1º	AP 2º
Média	25,85	25,7
Variância	40,66	35,8
Observações	20	20
Variância agrupada	38,23	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	0,0767	
P(T<=t) uni-caudal	0,4696	
t crítico uni-caudal	1,6859	
P(T<=t) bi-caudal	0,9392	
t crítico bi-caudal	2,0243	

Para Favorato (2017) o ambiente influenciou no número de folhas alfaces cultivadas em estufa, em relação a alfaces cultivadas a campo. O ambiente de estufa apresentou maior temperatura durante o período do experimento, pode-se sugerir que motivou aumento na produção de número de folhas. Feuzer (2016) observou melhor número de folhas para a cultivar lisa em comparação com outras cultivares.

Para Hermes (2001) a temperatura exerce efeito significativo na taxa de aparecimento de folhas em diversas espécies de plantas por exemplo, o aumento de temperatura acelera o aparecimento de folhas.

Para os valores encontrados nos experimentos 1º e 2º dos sistemas de aquaponia e hidroponia para o número de folhas, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) e observado que não houve diferença estatística para os experimentos verificado para o valor de $P = 0,4687$ (Tabela 5), corroborando com o resultado observado para a estatística do Teste t acima verificados. Sugere-se então, que o desenvolvimento das alfaces para a quantidade de números de folhas é igual em ambos os sistemas de produção (Figura 60).

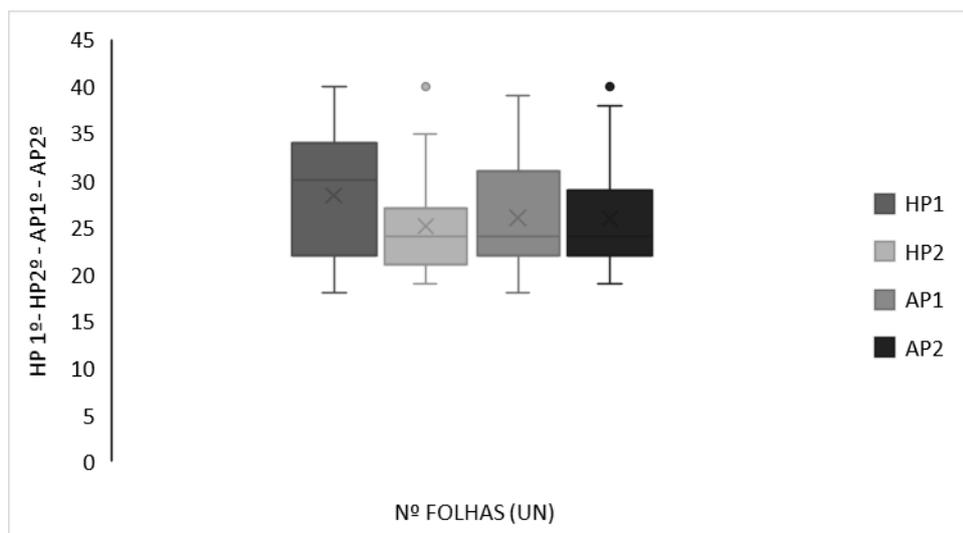
Duarte (2019) estudou a produção do sistema aquapônico verificando a maturação biológica para a produção dos nutrientes e desenvolvimento vegetal, observou em seus resultados um menor aporte de nutrientes do cultivo necessitando de suplementação de Fe no período que experimento não havia maturação biológica suficiente e conseqüentemente, menor suporte nutricional, interferindo também no número de folha dos cultivares.

TABELA 5. ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia para número de folhas.

Anova: fator único				
RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
HP1	20	562	28,1	50,41
HP2	20	502	25,1	35,252
AP1	20	517	25,85	40,66
AP2	20	514	25,7	35,8

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	103,83	3	34,612	0,8539	0,4687	2,7249
Dentro dos grupos	3080,3	76	40,53			
Total	3184,1	79				

FIGURA 60: ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia para número de folhas.



5.3.2 Massa fresca total dos cultivares de alface (g).

A massa fresca total dos cultivares foi obtido pela pesagem de cada alface individualmente em balança digital analítica considerando as folhas, caules, e raiz, como usualmente é vendido no comércio, foi removido apenas as folhas exteriores em processo de senescência (envelhecidas). A pesagem foi realizada de toda produção do sistema de hidroponia no 1º e 2º experimento após 35 dias de crescimento (Tabela 6).

Os valores encontrados da massa fresca total de cada dos cultivares apresentou diferença estatística observado no valor de $P = 0,00008$ entre o 1º e 2º experimento para a

produção do sistema de hidroponia. O 1º experimento apresentou maior produtividade observada pela média de 357,8 e no 2º experimento foi observado a média de 226,6 (Tabela 7) significando menor desenvolvimento.

Fernandes (2017) avaliou a produção de alface cultivada em sistema aquapônico hidropônico com diferentes substratos, observou que no primeiro ciclo de cultivo (35 dias), os valores de massa fresca total no sistema hidropônico foram superiores ao sistema aquapônico, e no segundo ciclo (60 dias) o resultado estatístico se demonstrou semelhantes em ambos os sistemas de cultivos.

TABELA 6. Massa fresca total dos cultivares de alfaces do 1º e 2º experimento para o sistema de hidroponia (HP). As amostras foram identificadas com as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Cultivares	HP 1º	HP 2º
A1	534	293
A2	459	345
A3	455	290
A4	439	303
A5	277	210
C1	438	321
C2	495	316
C3	544	264
C4	337	339
C5	409	193
R1	260	132
R2	207	137
R3	252	124
R4	236	145
R5	187	163
L1	396	215
L2	300	221
L3	301	123
L4	334	201
L5	296	198

TABELA 7. Teste-t do 1º e 2º experimento para hidroponia para massa fresca total dos cultivares de alfaces.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	HP 1º	HP 2º
Média	357,8	226,65
Variância	11934,5	5852,871
Observações	20	20
Variância agrupada	8893,7	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	4,3977	
P(T<=t) uni-caudal	0,00004	
t crítico uni-caudal	1,6859	
P(T<=t) bi-caudal	0,00008	
t crítico bi-caudal	2,0243	

A massa fresca total dos cultivares obtida pela pesagem dos cultivares para a produção do sistema de aquaponia no 1º e 2º experimento pode ser verificada na Tabela 8.

TABELA 8. Massa fresca total dos cultivares de alfaces do 1º e 2º experimento para o sistema de aquaponia (AP). As amostras foram identificadas com as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Cultivares	AP 1º	AP 2º
A1	201	206
A2	161	167
A3	172	167
A4	192	171
A5	194	226
C1	148	224
C2	103	184
C3	134	194
C4	135	195
C5	143	260
R1	86	118
R2	72	101
R3	80	100
R4	79	88
R5	56	116
L1	120	176
L2	94	130
L3	120	106
L4	107	161
L5	139	122

Avaliando a massa fresca total foi possível observar que houve diferença significativa entre os experimentos ($P = 0,02521$) onde o 2º experimento mostrou maior produção de massa fresca total quando comparado ao 1º experimento observado através das médias sendo 160,6 (2º E) e 126,8 (1º E). Sugere-se que as plantas se desenvolveram melhor com o clima mais quente, pois com o aumento da temperatura da água, os peixes se alimentam mais e conseqüentemente produzem grande quantidade de excreta e amônia, o que aumenta a quantidade de nutrientes dissolvidos em água.

Nichols (2013) cita que os peixes cultivados no sistema aquapônico necessitam de temperaturas de água acima de 16 ° C para um melhor metabolismo e comportamento alimentar adequado. Embora a queda na temperatura da água não afeta diretamente as plantas, ela compromete o desenvolvimento dos peixes, o que leva a uma redução substancial da taxa de alimentação e contribuem com a grande maioria dos nutrientes para o sistema aquapônico para o crescimento das plantas, esta taxa reduzida de alimentação dos peixes levando a queda nas concentrações de nutrientes, o que explica a redução da produção de plantas no sistema aquapônico ao longo dos meses de inverno.

Carvalho (2017) estudou o desempenho produtivo de alfaces em sistemas aquapônico e hidropônico e observou em seus resultados, que o tratamento aquapônico, após colheita aos 35 dias, demonstrou-se inferior ao tratamento hidropônico, pois a limpeza do sistema antes de iniciar o experimento, contribuiu para a diminuição de nutrientes que posteriormente seriam assimilados pelas plantas, conseqüentemente retardando o desenvolvimento, porém quando colhidas após 60 dias, o tratamento aquapônico obteve uma produtividade superior em relação ao tratamento hidropônico.

TABELA 9. Teste-t do 1º e 2º experimento para aquaponia para massa fresca total dos cultivares de alfaces.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	AP 1º	AP 2º
Média	126,8	160,6
Variância	1828,8	2379,936842
Observações	20	20
Variância agrupada	2104,3	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	-2,3299	
P(T<=t) uni-caudal	0,0126	
t crítico uni-caudal	1,6859	
P(T<=t) bi-caudal	0,02521	
t crítico bi-caudal	2,0243	

Sob a análise de variância, para massa fresca total dos cultivares avaliando os quatro experimentos houve diferença significativa para $P = 0,000E-15$ observada tanto na produção entre os sistemas quanto nos experimentos 1º e 2º. A hidroponia se demonstrou uma produtividade superior no 1º experimento e aquaponia obteve melhor desenvolvimento no 2º experimento observada nas diferenças entre médias (Figura 61).

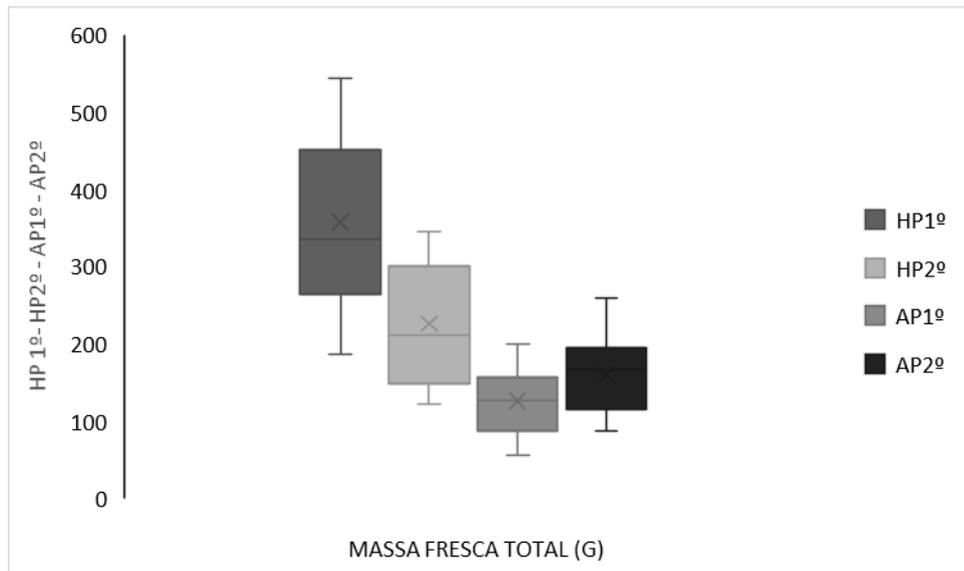
Pantarella et al. (2010) comparar o crescimento e produção aquapônica com fornecimento de nutrientes usando várias densidades diferentes de peixes (5, 8, 16 e 20 kg/m³) e comprado a solução nutritiva hidropônica. O crescimento de cultivares de alfaces não demonstrou diferenças significativas entre a aquaponia e a hidroponia para taxa de crescimento das alfaces nas densidades de estocagem de peixes mais altas.

TABELA 10. ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia para massa fresca total dos cultivares de alfaces

Anova: fator único				
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
HP1º	20	7156	357,8	11934,5
HP2º	20	4533	226,65	5852,8
AP1º	20	2536	126,8	1828,8
AP2º	20	3212	160,6	2379,9

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	624621,1	3	208207	37,862	4,50E-15	2,7249
Dentro dos grupos	417927,8	76	5499			
Total	1042549	79				

FIGURA 61: ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia para massa fresca total dos cultivares de alfaces.



5.3.3 Massa fresca das cultivares fracionada em folhas

Após colheita e efetuado a pesagem dos cultivares para massa fresca total, a parte aérea das alfaces foram separadas e pesadas em balança digital analítica individualmente para obter a massa fresca fracionada em folhas. A pesagem foi realizada de toda produção do sistema de hidroponia (Tabela 11). Foi observado diferença estatística com valor de $P = 0,00002$ contatando maior produtividade para o 1º experimento com média de 275,5 (Tabela 12).

TABELA 11. Massa fresca fracionada em folhas do 1º e 2º experimento para o sistema de hidroponia (HP). As amostras foram identificadas com as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Cultivares	HP 1º	HP 2º
A1	441	219
A2	391	261
A3	378	215
A4	359	228
A5	217	157
C1	314	218
C2	382	230
C3	398	183
C4	244	233
C5	293	167
R1	196	89
R2	152	90
R3	185	81
R4	176	95
R5	134	106
L1	310	134
L2	232	148
L3	229	76
L4	258	133
L5	221	127

TABELA 12. Teste-t do 1º e 2º experimento para hidroponia para massa fresca fracionada em folhas.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	HP 1º	HP 2º
Média	275,5	159,5
Variância	8366,6	3606,474
Observações	20	20
Variância agrupada	5986,5	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	4,7409	
P(T<=t) uni-caudal	0,00001	
t crítico uni-caudal	1,6859	
P(T<=t) bi-caudal	0,00002	
t crítico bi-caudal	2,0243	

A massa fresca dos cultivares fracionada em folhas de toda produção do sistema de aquaponia no 1º e 2º experimento pode ser observada na Tabela 13. Para o teste “t” a massa fresca das folhas não houve diferença estatística para o 1º e 2º experimento sendo observado pelo valor de $P = 0,2065$ (Tabela 14).

TABELA 13. Massa fresca fracionada em folhas do 1º e 2º experimento para o sistema de aquaponia (AP). As amostras foram identificadas com as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Cultivares	AP 1º	AP 2º
A1	165	139
A2	136	125
A3	121	113
A4	148	126
A5	145	134
C1	101	140
C2	80	132
C3	82	124
C4	85	127
C5	88	161
R1	71	78
R2	50	70
R3	52	57
R4	50	56
R5	46	69
L1	87	110
L2	63	80
L3	82	79
L4	70	107
L5	105	73

TABELA 14. Teste-t do 1º e 2º experimento para aquaponia para massa fresca fracionada em folhas.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	AP 1º	AP 2º
Média	91,35	105
Variância	1249,2	1007,684211
Observações	20	20
Variância agrupada	1128,4	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	-1,2849	
P(T<=t) uni-caudal	0,1032	
t crítico uni-caudal	1,6859	
P(T<=t) bi-caudal	0,2065	
t crítico bi-caudal	2,0243	

Para massa fresca das folhas avaliando os quatro experimentos também apresentou diferença significativa para $P = 0,000E-15$ (Tabela 15). O sistema de produção hidropônico foi superior demonstrado diferença entre as médias hidroponia, no 1º experimento com maior produtividade para a hidroponia e o 2º experimento para sistema de cultivo aquapônico (Figura 62).

A importância da maturação do sistema biológico se dá na degradação da matéria orgânica e amônia em nutrientes dissolvidos em água para serem absorvidos pelas plantas, posteriormente. São necessários de 30 a 40 dias para que ocorra a colonização de bactérias nitrificantes. A produção do número de folhas e massa fresca dos cultivares desenvolvidos em sistemas de aquaponia permitiram que o desenvolvimento apresentasse área foliar semelhante ao cultivo em hidroponia, sugerindo que o menor suporte de nutricional pode ser devido à ausência da maturação biológica quando comparada aos demais cultivos da aquaponia, que possuíam tempo adequado de maturação do sistema (DUARTE, 2019).

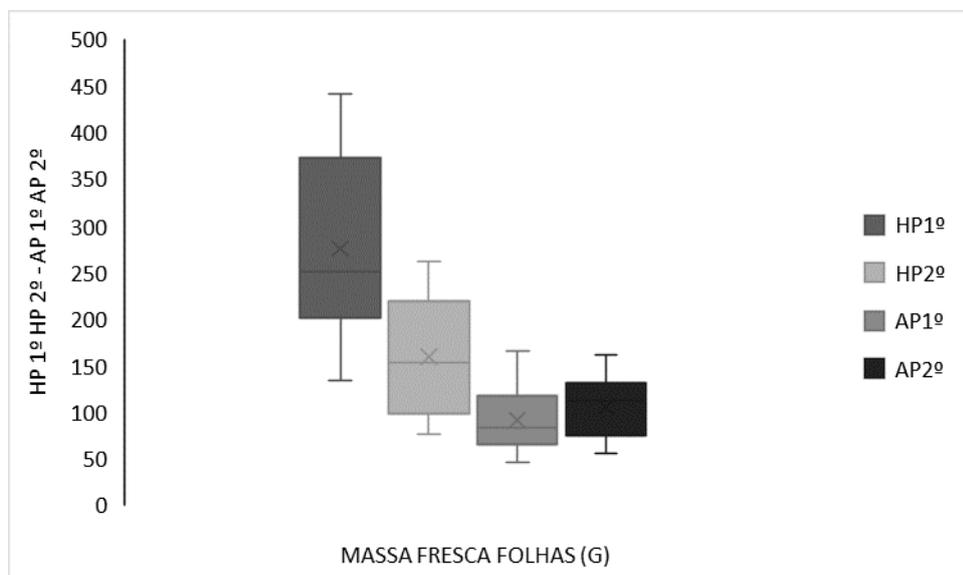
Lennard (2019) realizou um estudo com comparações de desenvolvimento de alface nas estações de verão, outono, inverno e primavera, produzidas em de bancada NFT nos sistemas de cultivo hidropônico e aquapônico. Observou em seus resultados que a produção de alface representou o crescimento positivo em ambos os sistemas em todas as estações, o que sugere que a aquaponia corresponder em comparação com a hidroponia tradicional na taxa de produção.

TABELA 15. ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia para massa fresca fracionada em folhas.

Anova: fator único				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
HP1º	20	5510	275,5	8366,6
HP2º	20	3190	159,5	3606,4
AP1º	20	1827	91,35	1249,2
AP2º	20	2100	105	1007,6

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	421192,3	3	140397,4	39,464	1,75E-15	2,7249
Dentro dos grupos	270372,5	76	3557,5			
Total	691564,8	79				

FIGURA 62: ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia para massa fresca fracionada em folhas.



5.3.4 Massa fresca das cultivares fracionada em caule

As alfaces foram fracionadas em caule, separados e pesados em balança digital analítica individualmente para obter a massa fresca dos caules. A pesagem foi realizada de toda produção do sistema de hidroponia (Tabela 16). Foi observado também diferença

estatística para os experimentos com valor de $P = 0,00015$ com maior produtividade para o 1º experimento obtendo uma média de 33,8 verificado na Tabela 17.

De acordo com Carini (2012) o comprimento de caule nas alfaces apresenta-se indesejável em função a que se destina o produto e a tendência ao pendoamento do genótipo, o que confere uma característica indesejável do ponto de vista mercadológico, pois o pendoamento oferece maior teor de látex que dá um gosto amargo à alface e folhas mais duras.

TABELA 16. Massa fresca fracionada em caule do 1º e 2º experimento para o sistema de hidroponia (HP). As amostras foram identificadas com as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Cultivares	HP 1º	HP 2º
A1	26	13
A2	34	19
A3	36	21
A4	37	23
A5	28	15
C1	54	28
C2	63	32
C3	67	24
C4	50	32
C5	60	29
R1	21	6
R2	18	10
R3	26	11
R4	17	10
R5	17	13
L1	26	9
L2	22	11
L3	27	5
L4	26	11
L5	21	9

TABELA 17. Teste-t do 1º e 2º experimento para hidroponia para massa fresca fracionada em caule.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	HP 1º	HP 2º
Média	33,8	16,55
Variância	259,53	76,36579
Observações	20	20
Variância agrupada	167,95	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	4,2091	
P(T<=t) uni-caudal	0,00007	
t crítico uni-caudal	1,6859	
P(T<=t) bi-caudal	0,00015	
t crítico bi-caudal	2,0243	

Já no sistema de aquaponia para massa fresca fracionados em caule pode ser observada na Tabela 18. Para análise estatística não apresentou diferença para os experimentos 1º e 2º.

TABELA 18. Massa fresca fracionada em caule do 1º e 2º experimento para o sistema de aquaponia (AP). As amostras foram identificadas com as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Cultivares	AP 1º	AP 2º
A1	9	9
A2	6	6
A3	4	7
A4	7	8
A5	10	9
C1	10	14
C2	7	15
C3	10	14
C4	9	18
C5	9	34
R1	4	3
R2	3	6
R3	2	4
R4	3	2
R5	3	4
L1	5	6
L2	3	5
L3	4	4
L4	4	8
L5	7	7

TABELA 19. Teste-t do 1º e 2º experimento para aquaponia para massa fresca fracionada em caule.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	<i>AP 1º</i>	<i>AP 2º</i>
Média	5,95	9,15
Variância	7,7342	52,87105263
Observações	20	20
Variância agrupada	30,302	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	-1,8382	
P(T<=t) uni-caudal	0,0369	
t crítico uni-caudal	1,6859	
P(T<=t) bi-caudal	0,0738	
t crítico bi-caudal	2,0243	

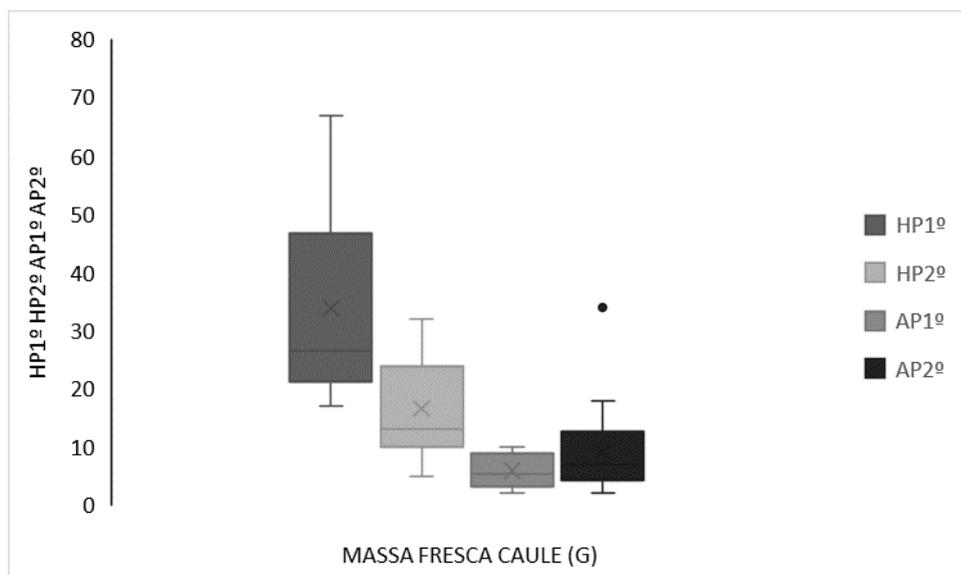
Foi observado diferença estatística para massa fresca do caule dos cultivares para $P = 0,000E-13$ (Tabela 20) e apresentou também maior desenvolvimento da produção do hidropônico com média 33,8 no 1º experimento e aquaponia com média de 9,15 no 2º experimento do peso (g) dos caules (Figura 63).

TABELA 20. ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia para massa fresca fracionada em caule.

Anova: fator único				
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
HP1º	20	676	33,8	259,53
HP2º	20	331	16,55	76,365
AP1º	20	119	5,95	7,734
AP2º	20	183	9,15	52,871

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	9290,8	3	3096,9	31,242	2,90E-13	2,7249
Dentro dos grupos	7533,6	76	99,126			
Total	16824,4	79				

FIGURA 63: ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia para massa fresca fracionada em caule.



5.3.5 Massa fresca das cultivares fracionada em raiz

A massa fresca das raízes da produção do sistema de hidroponia, foram pesadas individualmente (Tabela 21) e não foi observado diferença estatística para o Teste “t” *Student* com valor de $P = 0,0774$.

TABELA 21. Massa fresca fracionada em raiz do 1º e 2º experimento para o sistema de hidroponia (HP). As amostras foram identificadas com as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Cultivares	HP 1º	HP 2º
A2	34	61
A3	36	48
A4	37	48
A5	24	37
C1	33	74
C2	50	70
C3	79	59
C4	43	71
C5	56	55
R1	42	41
R2	37	34
R3	41	37
R4	37	39
R5	36	44
L1	60	68
L2	46	57
L3	45	37
L4	50	57
L5	48	55

TABELA 22. Teste-t do 1º e 2º experimento para hidroponia para massa fresca fracionada em raiz.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes	HP 1º	HP 2º
Média	45,05	52,35
Variância	164,99	158,6605
Observações	20	20
Variância agrupada	161,82	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	-1,8146	
P(T<=t) uni-caudal	0,03873	
t crítico uni-caudal	1,6859	
P(T<=t) bi-caudal	0,0774	
t crítico bi-caudal	2,0243	

Para a produção de aquaponia para a massa fresca das raízes pode ser verificada na Tabela 23 e ao analisarmos o sistema radicular de cada cultivar e comparar entre os experimentos foi possível observar que houve diferença estatística significativa ($P = 0,0034$) para o segundo experimento representado na média 44,85 (Tabela 24).

TABELA 23. Massa fresca fracionada em raiz do 1º e 2º experimento para o sistema de aquaponia (AP). As amostras foram identificadas com as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Cultivares	AP 1º	AP 2º
A1	27	53
A2	26	31
A3	45	43
A4	39	37
A5	32	56
C1	37	66
C2	27	32
C3	41	55
C4	49	49
C5	41	74
R1	25	42
R2	22	25
R3	32	43
R4	28	30
R5	20	46
L1	33	60
L2	31	43
L3	42	27
L4	38	44
L5	46	41

TABELA 24. Teste-t do 1º e 2º experimento para aquaponia para massa fresca fracionada em raiz.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	AP 1º	AP 2º
Média	34,05	44,85
Variância	70,471	169,7131579
Observações	20	20
Variância agrupada	120,09	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	-3,1164	
P(T<=t) uni-caudal	0,00173	
t crítico uni-caudal	1,6859	
P(T<=t) bi-caudal	0,0034	
t crítico bi-caudal	2,0243	

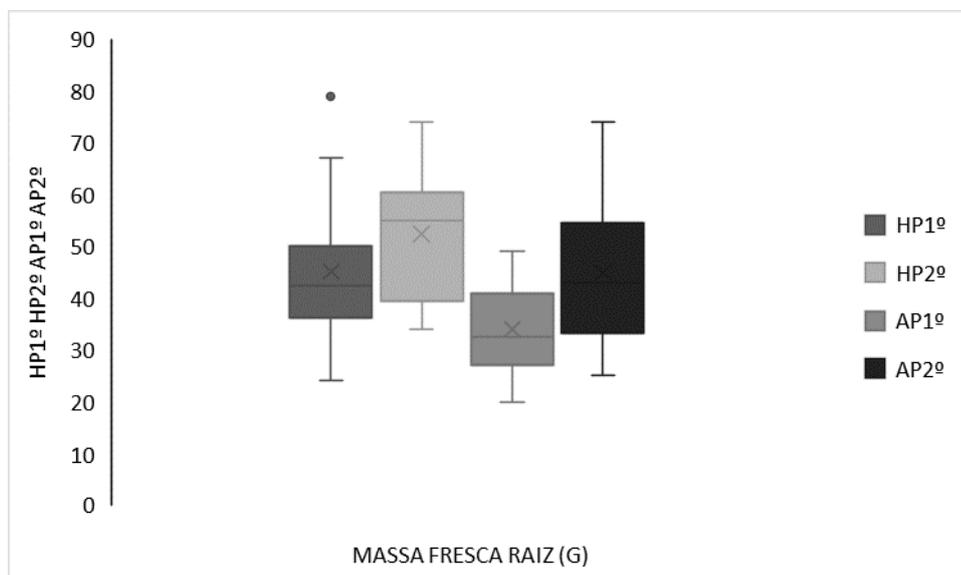
A massa fresca fracionada em raiz também apresentou diferença estatística com valor de $P = 0,00009$ (Tabela 25) e o melhor desenvolvimento radicular para os sistemas de cultivo se deu no 2º experimento apresentando média 54,35 para hidropônico e média de 44,35 para aquapônico (Figura 64).

TABELA 25. ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia para massa fresca fracionada em raiz.

Anova: fator único				
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
HP1º	20	901	45,05	164,99
HP2º	20	1047	52,35	158,66
AP1º	20	681	34,05	70,471
AP2º	20	897	44,85	169,71

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	3410,5	3	1136,8	8,065	0,00009	2,7249
Dentro dos grupos	10713	76	140,96			
Total	14123,5	79				

FIGURA 64: ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia para massa fresca fracionada em raiz.



5.3.6 Massa seca das folhas dos cultivares.

A massa seca das folhas foi realizado através da pesagem das folhas (fresca) e posteriormente da massa seca de toda produção de ambos os sistemas (Tabela 26 e 28). Diante do teste estatístico não foi verificado diferença significativa tanto para hidroponia sendo observado através do valor de $P = 0,0808$ (Tabela 27) quanto para o sistema de aquaponia com valor de $P = 0,1469$ (Tabela 29).

Para Sanchez (2007) a alface é a cultura que mais exige nutrientes para o seu crescimento e desenvolvimento quando comparada às outras culturas, principalmente na fase final de produção, pois é considerada hortaliça de ciclo curto. A intensificação de absorção dos nutrientes está relacionada com a produção de matéria seca, se demonstrando lenta no início do seu crescimento e apresentando aceleração do desenvolvimento a partir do trigésimo dia do ciclo de produção, além disso, a alface apresenta grandes teores de nitrogênio e poderá interferir no seu desenvolvimento se apresentar deficiência podendo inibir a absorção de cálcio.

Ramos (2018) analisou o crescimento animal e vegetal em sistema aquapônico de escala comercial e seu estudo demonstrou que esse tipo de produção que gera menos impacto ao ambiente, pois utiliza-se reuso de água evitando o descarte de poluentes no ambiente, e se

demonstra sustentável podendo ser implantado a partir de tecnologias sociais, com materiais de fácil acesso e mão de obra local, o que pode ser implantado no meio rural. Já a produtividade usando a técnica da aquaponia, apresentou resultados que corroboram na interligação da aquaponia com aspectos da soberania e segurança alimentar e nutricional

TABELA 26. Massa seca das folhas 1º e 2º experimento para o sistema de hidroponia (HP). As amostras foram identificadas com as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Cultivares	HP 1º	HP 2º
A1	13,24	13
A2	13,92	14,4
A3	12,37	12,25
A4	11,33	11,67
A5	7,35	11,69
C1	17,76	13,16
C2	16,76	11,63
C3	19,9	11,26
C4	11,44	10,05
C5	12,23	10,49
R1	7,7	6,9
R2	7,45	6,22
R3	8,56	5,68
R4	8,22	6,37
R5	6,26	7,26
L1	14,95	9,25
L2	10,21	9,31
L3	9,02	5,2
L4	10,08	8,64
L5	11,46	8,69

TABELA 27. Teste-t do 1º e 2º experimento para hidroponia para massa seca das folhas.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	HP 1º	HP 2º
Média	11,5105	9,656
Variância	13,909	7,477004
Observações	20	20
Variância agrupada	10,693	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	1,7933	
P(T<=t) uni-caudal	0,0404	
t crítico uni-caudal	1,6859	
P(T<=t) bi-caudal	0,0808	
t crítico bi-caudal	2,0243	

TABELA 28. Massa seca das folhas 1º e 2º experimento para o sistema de aquaponia (AP). As amostras foram identificadas com as seguintes siglas: Americana – A1, A2, A3, A4, A5; Crespa – C1; C2; C3; C4; C5; Roxa – R1; R2; R3; R4; R5; Lisa – L1; L2; L3; L4; L5.

Cultivares	AP 1º	AP 2º
A1	8,56	8,94
A2	5,9	6,91
A3	6,53	6,6
A4	7,88	6,39
A5	7,35	8,23
C1	6,36	7,35
C2	5,63	7,47
C3	5,46	6,91
C4	5,71	6,68
C5	5,12	7,95
R1	4,53	5,25
R2	3,05	4,28
R3	3,81	3,88
R4	3,51	3,83
R5	3,15	4,31
L1	5,6	6,32
L2	5,64	5,79
L3	5,17	5,67
L4	5,52	6,27
L5	6,79	5,86

TABELA 29. Teste-t do 1º e 2º experimento para aquaponia para massa seca das folhas.

Teste-t: duas amostras presumindo variâncias equivalentes		
	AP 1º	AP 2º
Média	5,5635	6,2445
Variância	2,1906	2,040299737
Observações	20	20
Variância agrupada	2,1154	
Hipótese da diferença de média	0	
gl	38	
Stat t	-1,4806	
P(T<=t) uni-caudal	0,0734	
t crítico uni-caudal	1,6859	
P(T<=t) bi-caudal	0,1469	
t crítico bi-caudal	2,0243	

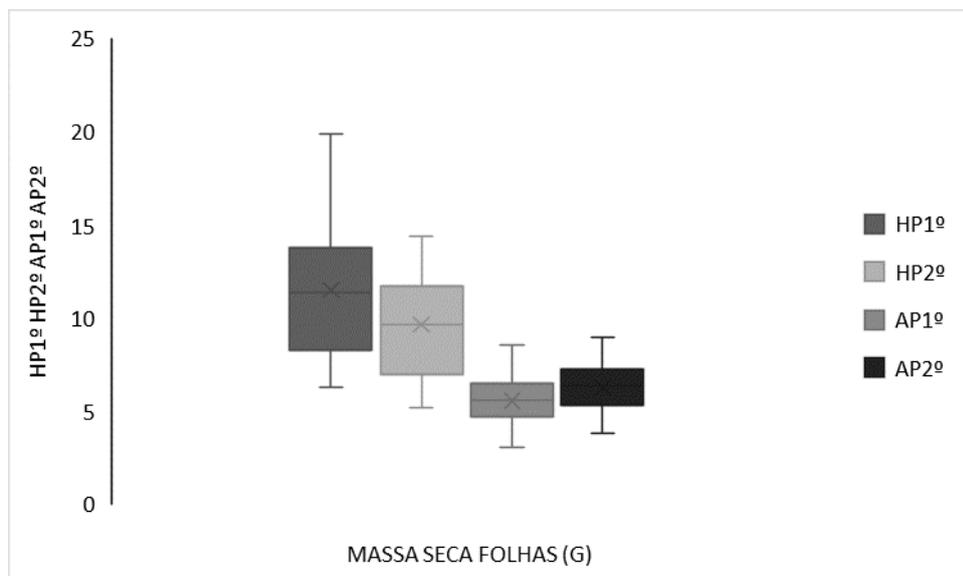
Foi observado diferença estatística para massa seca das folhas dos cultivares para $P = 0,000E-11$ (Tabela 30) e apresentou também maior desenvolvimento da produção do hidropônico com média 11,51 no 1º experimento e aquaponia com média de 6,24 no 2º experimento (Figura 65).

TABELA 30. ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia para massa seca das folhas.

Anova: fator único				
<i>Grupo</i>	<i>Contagem</i>	<i>Soma</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
HP1º	20	230,21	11,51	13,909
HP2º	20	193,12	9,656	7,477
AP1º	20	111,27	5,5635	2,1906
AP2º	20	124,89	6,2445	2,0402

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	476,93	3	158,97	24,823	2,67E-11	2,7249
Dentro dos grupos	486,73	76	6,4043			
Total	963,66	79				

FIGURA 65: ANOVA do 1º e 2º experimento para hidroponia e aquaponia para massa seca das folhas.



Embora os níveis de nutrientes dissolvidos em água no sistema aquapônico observados pela condutividade elétrica baixa, pois os nutrientes são derivados da ração ofertada aos peixes e resíduos gerados das excretas, o crescimento dos cultivares se deu de forma natural e contínua. Todos os cultivares apresentaram ótimo desenvolvimento e crescimento, e não foram observados qualquer anormalidade nos aspectos das folhas ou coloração que apontassem deficiência nutricional frente aos cultivares desenvolvidos no sistema hidropônico. Sugere-se ainda, que este tipo de sistema de produção de alimentos, poderá apresentar maior viabilidade financeira para o produtor por obter dois produtos produzidos simultaneamente e em simbiose.

Importante salientar que o ótimo crescimento e desenvolvimento das cultivares de alfaces se deu devido à biomassa de peixe, o que possibilitou a quantidade ideal de nutrientes dissolvidos, sendo observado um crescimento maior das cultivares no segundo experimento semelhante-se ao desenvolvimento do cultivo em hidroponia. O que aponta que quanto maior for o tempo de nutriente circulando dentro do sistema aquapônico, melhor será o crescimento e produção vegetal, dando margem para pesquisas futuras com investigações que norteiam a quantidade de nutrientes existentes no sistema de aquaponia.

Ainda não está claro em que grau o efluente da aquicultura gera um impacto no desempenho do crescimento das plantas, pois se faz necessário avaliar a presença e a quantidade de nutrientes disponível na água residuária. O conteúdo de nutrientes na folha

pode fornecer informações sobre a saúde das plantas, no entanto, isso ainda não foi investigado em aquaponia.

Fernandes (2017), analisou a produção aquapônica e hidropônica para cultivares de alfaces e observou que as plantas não apresentaram deficiência de nutrientes na análise visual, isso sugere que assim como o sistema de produção hidropônica, a aquapônica proporciona condições favoráveis para o cultivo de alface.

O bom desempenho das cultivares em sistema de aquaponia, através das variáveis da massa fresca e seca, temos aqui um fator rentável para que o pequeno produtor possa produzir as cultivares mais consumidas e com características ecológicas a fim de agregar valor no produto final oferecido e conseqüentemente, melhora a economia e o social dentro da área de produção e comercialização.

5.4 Monitoramento de consumo de água e reposição de nutricional Sistema Hidropônico

O monitoramento de consumo de água se demonstrou semelhante em ambos os experimentos 1 e 2, apontando um consumo ligeiramente maior para aquaponia, pois rotineiramente é realizado a manutenção do decantador, escoando os resíduos sólidos do sistema (Tabelas 1,2,3 e 4). As produções aquapônica e hidropônica são cultivadas em sistema de NFT onde promove a sustentabilidade e menor gasto de água, pois ambos são cultivados em ciclos fechados de produção com recirculação de água.

TABELA 31: Monitoramento de consumo de água e reposição nutricional, HP. do E1.

DATA	LITROS	NUTRIENTES
31/07/2020	45 L	S/ Reposição
11/08/2020	45 L	HIDROD + NC + FE
18/08/2020	45 L	S/ Reposição
26/08/2020	45 L	HIDROD + NC + FE
31/08/2020	60 L	HIDROD + NC + FE
03/09/2020	75 L	S/ Reposição
06/09/2020	75 L	S/ Reposição
TOTAL	390 L	

TABELA 32: Monitoramento de consumo de água e reposição nutricional, HP. do E2.

DATA	LITROS	NUTRIENTES
19/10/2020	60 L	S/ Reposição
17/10/2020	60 L	HIDROD + NC + FE
27/10/2020	60 L	S/ Reposição
05/11/2020	60 L	HIDROD + NC + FE
TOTAL	240 L	

TABELA 33: Monitoramento de consumo de água e reposição nutricional, AP. do E1.

DATA	LITROS	NUTRIENTES
31/07/2020	45 L	S/ Reposição
11/08/2020	45 L	FE
18/08/2020	45 L	S/ Reposição
26/08/2020	45 L	FE
31/08/2020	60 L	FE
03/09/2020	75 L	S/ Reposição
06/09/2020	75 L	S/ Reposição
TOTAL	390 L	

TABELA 34: Monitoramento de consumo de água e reposição nutricional, AP. do E2.

DATA	LITROS	NUTRIENTES
19/10/2020	45 L	S/ Reposição
17/10/2020	45 L	FE
27/20/2020	65 L	S/ Reposição
05/11/2020	60 L	FE
TOTAL	215 L	

López-Galvez et al (2000) compararam a produção de frutos e resíduos na cultura de tomate em sistema NFT e em substrato, concluindo que a técnica NFT melhorou a eficiência no uso da água em 62%. Nas pesquisas com as culturas de pepino e feijão-vagem observaram alta eficiência no consumo da água em sistema NFT.

A aplicação da técnica aquapônica para produção vegetal aponta diversas vantagens, pois não há troca de água do tanque dos peixes entre os ciclos produtivos, como há na técnica hidropônica. Montezado, et al. (2002) aponta ainda o não uso de agrotóxicos, evita também o descarte de efluentes das pisciculturas no meio ambiente, como pontos fortes para a sustentabilidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cultivares de alfaces apresentaram ótimo desenvolvimento em ambos os sistemas estudado, o sistema hidropônico apresentou-se melhor desempenho no 1º experimento e o sistema aquapônico se demonstrou semelhante aos resultados encontrados na hidroponia apenas no 2º experimento, sugerindo a necessidade realizar a maturação dos nutrientes dissolvidos em água com maior tempo de recirculação do sistema, aliado a uma densidade adequada de peixes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S.P.M. Sistema Aquapônico. Dossiê Técnico. Sistema Aquapônico Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico – Dezembro, 2012.

BARBOSA, W. W. P. **Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para produção de manjerona (*Origanum majorana*) e manjerição (*Ocimum basilicum*) em sistemas de aquaponia.** 2011. 55p. Planejamento e Gestão Ambiental – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2011.

BREMENKAMP DM; GALON K; HELL LR; PASSOS G; CAZAROTI EPF; COMETTI NN. 2012. Efeito da temperatura da solução nutritiva no crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em hidroponia. **Horticultura Brasileira** 30: S596-S604.

CARMELLO, Q. A. C. Hidroponia & CIA - Cuidados com a solução nutritiva. Publicação da estação experimental de Charqueados – SP, ESALQ / USP. n.1 p.6. 1996

CARNEIRO. *et al.* Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. In: Tavares- Dias, M. & Mariano, W.S. (Org.). Aquicultura no Brasil: novas perspectivas. São Carlos, Editora Pedro & João, 2015.

CANASTRA, I. I. O. Aquaponia: construção de um sistema de aquaponia a uma escala modelo e elaboração de um manual didático. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Biologia. Porto, Portugal, 2017. 143 f.

CARVALHO, A. R; BRUM, O. B.; CHIMÓIA, E. P.; FIGUEIRÓ, E. A. G. Avaliação da produtividade da aquaponia comparada com a hidroponia convencional. *Vivências*. v.13, n.24: p.79-91, 2017.

CARINI F; PERIN L; MARQUES GN; COSTA RL; FERREIRA LV; PEIL RMN. 2012. Produção e partição de biomassa e características produtivas de cultivares de alface crespa em cultivo de verão e sistema hidropônico. **Horticultura Brasileira** 30: S480-S487.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357/2005. Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas no Território Nacional. Brasília, **SEMA**, 2005.

CORRÊA, B.R.S.; JÚNIOR, C.A.C.; CORRÊA, V.R.S. A aquaponia como tecnologia social para agricultura familiar. VII Simpósio Nacional de Ciência e Meio Ambiente – Anais Eletrônicos. PPSTMA – Universidade Evangélica. p. 4-11. 2016

CORTEZ, G.E.P.; ARAÚJO, A. C.; BELLINGIERI, P. A.; DALRI, A. B. Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental*, v.13, n.4, p.494–498, 2009.

COSTA, E. A. Avaliação microbiológica e parasitológica nos processos de higienização de alfaces (*Lactuca sativa* L.) de diferentes cultivos. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos. Fortaleza, 2011.114 f.

COSTA, P. C.; DIDONE, E. B.; SESSO, T. M. CAÑIZARES, K. A. L.; GOTO, R. Condutividade elétrica da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia. *Scientia Agrícola*, v. 58, n. 3, p. 595-597, 2001.

CONIJN, J. G.; BINDRAN, P. S.; SCODER, J. J.; JONGSCHAAP, R. E. E. Can our global food system meet food demand within planetary boundaries? *Agric Ecosyst Environ* 251:244–256. (2018).

DELAIDE, B; et al. Lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *Sucrine*) growth performance in complemented aquaponic solution outperforms hydroponics. *Water*. 8:467. (2016).

DUARTE, E. Calibração da solução nutritiva da alface em aquaponia com tilápia baseado em solução hidropônica. Tese (Doutorado) apresentada ao Curso de Pós-Graduação Stricto Sensu em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG. 2019, 22 f.

FAVARATO, L. F.; GUARÇONI, R. C.; SIQUEIRA, A. P. O.; SOUZA, J. L. Influência de diferentes sistemas de cultivos de alfaces outono/inverno sobre a variação de temperatura do solo e planta. **XXI Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino-Americano de Pós-Graduação e VII Encontro de Iniciação à Docência** – Universidade do Vale do Paraíba. 2017

FEUZER, C. Desempenho de três variedades de alface (*Lactuca sativa*), em sistemas de aquaponia. 2016. 21 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) **Bacharel em Engenharia Agrônômica**. Rio do Sul, 2016.

FERNANDES, E., R. Desempenho de diferentes substratos em cultivos de alface aquapônico e hidropônico. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Grande Dourados. Faculdade de Ciências Agrárias, Dourados – MS, 2017, 50f.

FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. Cultivo Hidropônico de Plantas: Parte 2 - Solução Nutritiva. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/hidroponiap2/index.htm>. Acesso em: 15/8/2020

FIORUCCI, A. R.; FILHO, E. B. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química nova na escola**. n° 22, n° 22, 2005.

GRABER, A.; JUNGE, R. Aquaponic systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. v.246, p.147-156.2009.

GEISENHOFF, L. O., et.al. O. Viabilidade econômica da produção de alface hidropônica em Lavras – MG. *Agrarian*, v.2, n.6, p.61-69, out/dez. 2009.

GONDIM, A. R. O.; FLORES, M. E. P.; MARTINEZ, H. E. P.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G. Condutividade elétrica na produção e nutrição de alfaces em sistemas de cultivo hidropônico NFT. **Biosci. J. Urberlândia**, v. 26, 0. 894-904, 2010.

GODDEK, S.; KONERB, O. *A fully integrated simulation model of multi-loop aquaponics: A case study for system sizing in different environments. Agricultural Systems*. n. 171, p. 143–154. 2019.

GODDEK, S.; JOYCE, A.; KOTZEN, B; BURNELL, G.M. *Aquaponics Food Production Systems Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future. Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland*. 2019.

HERMES, C.C.; MEDEIROS, S.L.P.; MANFRON, P.A.; CARON, B.; POMMER, S.F.; BIANCHI, C. Emissão de folhas de alface em função de soma térmica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, p.269-275, 2001

HUNDLEY, G. C.; NAVARRO, R.D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, v.3, n.2., p.52-61, Dezembro, 2013.

RAMOS, B. S. C. Aquaponia rural. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília. Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, Brasília – SP, 2018, 70f.

KUBITZA, F. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí, 2000.

KUHNEN, A. D. R. *et al.* Aquaponia como alternativa para cultivo de peixes e hortaliças. **XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA** – Centro-Oeste, 2016. p. 882-889.

RAKOCY, J. *Ten guidelines for aquaponic systems*. *Aquaponics J.* n.46, p.14-17, 2007).

KIVACEVIC, V.; SUDARIC, A.; ANTUNOVIC, M. Mineral Nutrition. *Soybean Physiology and Biochemistry*. 2011. < <https://www.researchgate.net/publication/333935310>>. Acesso em: 16 de Agosto 2020.

KLEVERTON, C. O. A.; ARLEI, L. F. Crescimento da Demanda Mundial de Alimentos e Restrições do Fator Terra no Brasil. *RESR*, Piracicaba-SP, Vol. 56, Nº 02, p. 195-212, Abr./Jun. 2018 – Impressa em Julho de 2018.

FAQUIN, V. Nutrição mineral das plantas. Monografia (Especialização). Universidade Federal de Lavras, Curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” Solos e Meio Ambiente. MG. 2005. 186p.

LOPES, C. A.; SILVA, J. B. C.; GUEDES, I. M. R. Doenças em Cultivos Hidropônicos e Medidas de Controle. Comunicado Técnico, 107. Embrapa, 2015.

LISBÔA, S. M. F. Aquaponia superintensiva: tratamento e reuso de água. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas - Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas -SP. 2019. 127 f.

LÓPEZ-GALVEZ, J.; PEIL, R.M.N. La modernidad del sistema de producción horticola en el sudeste español. *Plasticulture*, Almeria. v.119, n.44-8, 2000.

LENNARD, W.; WARD, J. A comparison of plant growth rates between na NFT hydroponic system and as NFT aquaponic system. *Horticulturae*. v. 5, n. 27, p. 1-16. 2019.

MARÍA, G. G.; et. al. *Impact of production system on quality indices distribution in butterhead lettuce. A Comparative Study among Open Field and Greenhouse. J Nutrition & Food*, 3: 241-251. 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARENGONI, N. G. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. *Archivos de Zootecnia*, v. 55, n. 210, p. 127-138. 2006.

MATHILDE E.; *et al.* Nutrient Cycling in Aquaponics Systems. 2019. <<https://www.researchgate.net/publication/333935310>>. Acesso em: 16 de Agosto 2020.

MARTINEZ, H.E.P. & SILVA FILHO, J.B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas**. Viçosa.UFV. 2006.

MARTINEZ, H.E.P., CLEMENTE, J.N. **O uso de cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa, 2011. 76 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instruções normativas nº 5, 2007. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229260>>. Acesso em: 12 de Julho 2020.

MONTEZANO, E.M.; PEIL, R.M.; FERREIRA, A.A.F.; FERNANDES, H.S. Concentração salina da solução nutritiva para a cultura da alface em hidroponia NFT. Parte I: consumo hídrico e eficiência no uso da água. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.2, supl. 2, 2002.

NETO, E. B., *et. al.* Hidroponia. Caderno do semirário. Riquezas & Oportunidades. Conselho Regional de Engenharia e Agronomia. PE. 2017. 46 p.

NETO, E. B.; BARRETO, L. P. As técnicas de hidroponia. *Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma*, Recife, vols. 8 e 9, p.107-137, 2012.

NICHOLS, M. Aquaponics: Myth or Magic? *Prato. Hydrol. Greenh.*2013, 137, 14-19.

ONU BRASIL. Transformando Nosso Mundo: Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/2/>>. Acesso em: 12 de Julho de 2020.

PANTANELLA, E.; CARDARELLI, M.; COLLA, G.; REA, E.; MARCUCCI, A. Aquaponics vs. Hydroponics: Production and Quality of Lettuce. *Crop.Acta Hortic.* 2010, 927, 887–893.

PANTANELLA, E.; CARDARELLI, M.; COLLA, G.; REA, E.; MARCUCCI, A. Aquaponics vs. hidroponia: Produção e qualidade da cultura da alface. *Acta Hortic.* 2012, 927, 887–893.

QUEIROZ, J. F.; *et al.* Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia. Documentos / Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna. 2017. 29 p.

RAMOS, B. S. C. Aquaponia rural. Dissertação (Mestrado) Universidade de Brasília. Meio Ambiente e Desenvolvimento Rural, Brasília – SP, 2018, 70f.

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

RIBEIRO, E.F. Desempenho de diferentes substratos em cultivos de alface aquapônico e hidropônico. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Grande Dourados Programa de Pós – Graduação em Engenharia Agrícola. Dourados, 2017. 50 p.

SATIRO, T.M.; NETO, K.X.C.R.; DELFRETE, S.E. Aquaponia: sistema que integra produção de peixes com produção de vegetais de forma sustentável. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca* v.11, n.1, p. 38-54, 2018.

SANTOS, V.R.; MENEGHIN, M.C.; BARBOSA, R.A.B. Produção de verduras e legumes orgânicos pelo método hidropônico. Dossiê Técnico. Sistema Integrado de Respostas Técnicas – SIRT/UNESP. Agosto, 2011.

SANCHEZ, S. V. Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Jaboticabal, 2007. 63 p.

SAATH., K. C. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. RESR, Piracicaba-SP, Vol. 56, Nº 02, p. 195-212, Abr./Jun. 2018

SALA, F. C. & COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfaceicultura brasileira. Horticultura Brasileira 30:187-194. 2012

SANCHEZ, S. V. Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2007. 63 p.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL. Piscicultura: alimentação. / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: Senar, 2019. 48 p.

SOMERVILLE, C.; COHEN, M.; PANTANELLA, E.; STANKUS, A.; LOVATELLI, A. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589. Rome, FAO. 262 pp. 2014.

STOTZ, E. N. Os limites da agricultura convencional e as razões de sua persistência: estudo do caso de Sumidouro, RJ* Rev. bras. Saúde ocup., São Paulo, 37 (125): 114-126, 2012

STEFFEN, E. *et al.* Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. Science 347(80):736. (2015).

SOARES, C. S.; SILVA, J. A.; SILVA, G. N. Avaliação da biomassa de alface em duas épocas de semeio no sistema hidropônico. Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. UFS 2015,

TYSON, R. V., SIMONNE, E. H., TREADWELL, D. D., WHITE, J. M. & SIMONNE, A. (2008). *Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yield in a recirculating aquaponic system with perlite biofilters. HortScience*, 43(3):719-724.

TRIOLA, M. F. Introdução à Estatística. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1999 (7ª Edição)

VIEIRA., J. C. B. Desempenho de quatro cultivares de alface em diferentes ambientes e épocas de cultivo no município de Viçosa-MG. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. 2016. 53p.

VOGT, F. Alimentos Orgânicos na Percepção de Diferentes Atores Sociais do Município de Frederico Westphalen-RS. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2019. 56 p.

WANDERLEY, M. N. B. O Campesinato Brasileiro: uma história de resistência. RESR, Piracicaba -SP, Vol. 52, Supl. 1, p. S025-S044, 2014.

WELBAUM, G. *Vegetable production and practices. Internation, Wallingforth, Oxfordshire.* p. 486. 2015.

WOENSEL., L, et al. Ten technologies which could change our lives – potential impacts and policy implications. European Commission, Brussels Vermeulen T, Kamstra A (2013) The need for systems design for robust aquaponic systems in the urban environment. 2015.

YANG, T.; KIM, H. *Characterizing Nutrient Composition and Concentration in Tomato, Basil, and Lettuce-Based Aquaponic and Hydroponic Systems.* 2020.

(Comparisons between Aquaponic and Conventional Hydroponic Crop Yields: A Meta-Analysis. Emmanuel Ayipio; Daniel E. Wells; Alyssa McQuilling; Alan E. Wilson).

ZÁRATE, N. A.; VIEIRA, M.C. Hortas: conhecimentos básicos. - 1. ed. - Dourados, MS: Seriema, 2018. 298 p

8. ANEXO MONITORAMENTO DE TESTE COLORIMÉTRICOS – SISTEMA DE AQUAPONIA

DATA	HORÁRIO	ph	Amônia	Nitrito	Oxigênio Dissolvido

9. ANEXO MONITORAMENTO EXPERIMENTO – TEMPERATURA – UMIDADE AMBIENTE

DATA	TEMPERATURA	TEMPERATURA MAX	TEMPERATURA MIN	UMIDADE	UMIDADE MAX	UMIDADE MIN

10. ANEXO MONITORAMENTO DE PARÂMETRO ÁGUA – SISTEMAS DE AQUAPONIA E HIDROPONIA

DATA	T. Água	C.E.	T.D.S.	D.O.%	D.O.L	pH	ORP

11. ANEXO MONITORAMENTO DE N° FOLHAS– SISTEMAS DE HIDROPONIA E AQUAPONIA

NÚMERO DE FOLHAS (UN) /AMERICANA	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
05/08/20					
12/08/20					
19/08/20					
26/08/20					
02/09/20					
09/09/20					

NÚMERO DE FOLHAS (CM) /CRESPA	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5
05/08/20					
12/08/20					
19/08/20					
26/08/20					
02/09/20					
09/09/20					

NÚMERO DE FOLHAS (UN) / ROXA	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5
05/08/20					
12/08/20					
19/08/20					
26/08/20					
02/09/20					
09/09/20					

NÚMERO DE FOLHAS (CM) /LISA	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5
05/08/20					
12/08/20					
19/08/20					
26/08/20					
02/09/20					
09/09/20					

12. ANEXO MONITORAMENTO DE AMOSTRAS – SISTEMA DE AQUAPONIA

AMOSTRA – ALFACE AMERICANA

PROCEDIMENTO	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
Massa da matéria fresca (úmida) do cultivares de alface (g)					
Massa da matéria fresca (úmida) da alface será fracionada: FOLHAS					
Massa da matéria fresca (úmida) da alface será fracionada: CAULE					
Massa da matéria fresca (úmida) da alface será fracionada: RAÍZ					

AMOSTRA – ALFACE CRESPA

PROCEDIMENTO	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5
Massa da matéria fresca (úmida) do cultivares de alface (g)					
Massa da matéria fresca (úmida) da alface será fracionada: FOLHAS					
Massa da matéria fresca (úmida) da alface será fracionada: CAULE					
Massa da matéria fresca (úmida) da alface será fracionada: RAÍZ					

AMOSTRA – ALFACE ROXA

PROCEDIMENTO	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5
Massa da matéria fresca (úmida) do cultivares de alface (g)					
Massa da matéria fresca (úmida) da alface será fracionada: FOLHAS					
Massa da matéria fresca (úmida) da alface será fracionada: CAULE					
Massa da matéria fresca (úmida) da alface será fracionada: RAÍZ					

AMOSTRA – ALFACE LISA

PROCEDIMENTO	L 1	L 2	L 3	L 4	L 5
Massa da matéria fresca (úmida) do cultivares de alface (g)					
Massa da matéria fresca (úmida) da alface será fracionada: FOLHAS					
Massa da matéria fresca (úmida) da alface será fracionada: CAULE					
Massa da matéria fresca (úmida) da alface será fracionada: RAÍZ					