



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



THIAGO RODRIGUES SILVEIRA

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE VARIEDADES DE ALFACE EM CULTIVO EM
SISTEMA DFT (Deep Film Technique)**

ARARAS - 2023



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



THIAGO RODRIGUES SILVEIRA

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE VARIEDADES DE ALFACE EM CULTIVO EM
SISTEMA DFT (*Deep Film Technique*)**

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Agrônoma – CCA – UFSCar para
a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Fernando Cesar Sala

ARARAS – 2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Anderson e Cristiane, por serem meus maiores exemplo, de amor, dedicação, ética e respeito.

Agradeço à minha namorada Leticia Caetano, por todo amor, carinho, companheirismo e apoio.

Agradeço aos meus superiores, Lucas Regis e Ari Rocha, pela confiança, e por me permitirem a melhor oportunidade de desenvolvimento profissional que eu pudesse ter.

Agradeço ao Prof. Dr. Fernando Cesar Sala pela orientação no trabalho, e pela inspiração profissional e distinção como docente.

Agradeço a todos que fizeram parte da minha formação acadêmica, docentes, colegas e técnicos, pois todos contribuíram para a minha formação profissional e pessoal.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.”

Arthur Schopenhauer

RESUMO

A alface (*Lactuca sativa* L.) conceitua-se como a hortaliça folhosa mais comercializada e consumida pelos brasileiros, podendo ser produzida todo o ano. O cultivo hidropônico constitui uma alternativa acessível frente aos cultivos convencionais. O cultivo hidropônico mais difundido é o cultivo em sistema NFT. Outras formas de cultivo hidropônico ainda não foram bem adaptadas às particularidades econômico/sociais e ambientais do Brasil. O sistema NFT ainda possui um gargalo de grande impacto ambiental, que consiste na curta vida da solução nutritiva e necessidade de descarte e renovação da mesma. O cultivo hidropônico em sistema DFT corresponde ao cultivo em um sistema com uma profunda lâmina de solução nutritiva, na qual as raízes ficam totalmente submersas e a recirculação da solução é diminuta. O sistema de cultivo DFT é muito difundido em países da Europa, locais de menor disponibilidade de recursos hídricos de qualidade para utilização na agricultura. Esse sistema demanda maior volume de solução nutritiva por número de plantas, característica que confere elevado poder tamponante da solução e permite a manutenção da mesma por maior tempo por meio de reposições nutricionais específicas. Desta forma, objetivou-se avaliar o cultivo de 3 variedades de alface, Natália RZ (alface lisa), Tudela RZ (alface mini romana) e Carmolí RZ (alface crespa roxa), em sistema DFT, avaliando-se características agronômicas e comerciais pós-colheita, e o comportamento dos parâmetros nutricionais, de Condutividade Elétrica, pH, Temperatura e Oxigenação da solução nutritiva ao longo do experimento. A avaliação agronômica foi realizada por meio da submissão das médias de Massa Fresca de Parte Aérea, Massa Fresca de Raízes, Massa Fresca Total, Comprimento de Raízes, Comprimento de Parte Aérea, Comprimento Total e Número de folhas, ao teste de Scott-Knott a 5%. A avaliação comercial foi realizada na unidade de processamento da empresa Verdureira®, com base nos parâmetros de processamento e controle de qualidade. Os dados de comportamento da solução nutritiva foram realizados por meio de análises laboratoriais coletadas a cada 7 dias, e medições *in loco*, realizadas diariamente, duas vezes ao dia. A variedade de alface Natália RZ se destacou nas médias de Massa Fresca Total, Massa Fresca de Parte Aérea, Comprimento de Raízes e Comprimento Total. A variedade Tudela RZ se destacou nas médias de Massa Fresca de Raízes e Número de Folhas. A variedade Carmolí RZ se destacou nas médias de Comprimento de Parte Aérea. A avaliação

comercial apresentou valores de aproveitamento de produto final superiores aos obtidos em sistema NFT. O comportamento da solução nutritiva demonstrou significativo consumo de Cálcio e Potássio, e elevação dos teores de Nitrogênio Amônico. O sistema se mostrou promissor para o cultivo de hortaliças frente aos entraves do sistema NFT.

Palavras-chave: alface; olericultura; São Roque; hidroponia; DFT.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Variedades de Alface Natália, Carmolí e Tudela, respectivamente (Rijk Zwaan Zaadteelt en Zaadhandel B.V. 2023 (RIJKZWAAN, 2023).....	20
Figura 2. Bandeja JKS de 162 células (JTK Agro, 2023).....	20
Figura 3. (A) Placa inferior; (B) Placa de isopor; (C) Parte superior do isopor.....	21
Figura 4. Floating.....	22
Figura 5. Estação de tratamento.....	22
Gráfico 8. Comportamento dos nutrientes presentes na solução (mg/L) por semana.....	26
Gráfico 9. Comportamento diário da Eletrocondutividade (mS/cm ³).....	27
Gráfico 10. Comportamento diário do Oxigênio Dissolvido (mg/L) ao longo do experimento.....	27
Gráfico 11. Temperatura diária da solução (°C) ao longo do experimento.....	28
Gráfico 12. Valores diários de pH da solução (°C) ao longo do experimento.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Médias de Massa Fresca Total (MFT), Massa Fresca de Parte Aérea (MFPA) e Massa Fresca de Raízes (MFR).....23

Tabela 2. Médias de Comprimento de Parte Aérea (CPA), Comprimento de Raízes (CR), Comprimento Total (CT) e Número de Folhas.....24

Tabela 3. Aproveitamento de Produto Final:.....25

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO-----	12
2. REVISÃO DE LITERATURA -----	13
2.1 Produção de Alface no Brasil-----	13
3. OBJETIVOS-----	18
4. MATERIAL E MÉTODOS-----	19
4.1. Placas -----	20
4.2. Floating-----	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO-----	23
5.1. Avaliação Agronômica e Comercial-----	23
5.2. Comportamento da Solução Nutritiva -----	25
6. CONCLUSÃO-----	30
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	31
ANEXO A -----	39

1. INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) conceitua-se como a hortaliça folhosa mais comercializada e consumida pelos brasileiros, pela possibilidade de produzir-se ao longo de todo o ano e de ser um produto de fácil aquisição (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

O cultivo hidropônico constitui uma alternativa acessível frente aos cultivos convencionais, apresentando numerosas vantagens aos consumidores, produtores e ambiente, possibilitando o alcance de produtos de alta qualidade em menor tempo, com maior qualidade, menor gasto e melhor aproveitamento dos recursos hídricos, insumos e mão de obra (PAULUS *et al.*, 2012).

O cultivo de alface sob tecnologia hidropônica apresenta vantagens perante o cultivo convencional em solo, bem como uma produção mais saneada, desenvolvimento mais uniforme e a possibilidade de maior adensamento, produzindo mais plantas por área. Há diferentes sistemas para se cultivar sem solo, sendo os principais o Nutriente Film Technique (NFT), Deep Film Technique (DFT), Ebb-Flow System (EFS) e o Float Raft System (FRS) (FRASETYA; HARISMAN; RAMDANIAH, 2021).

Têm-se debatido a respeito da necessidade de uma alternativa ao sistema NFT, que é o mais difundido no Brasil, com reduzido consumo de energia elétrica. Neste contexto, o sistema Floating ou Deep Film Technique (DFT) se demonstra como um sistema promissor para produtores com interrupção no fornecimento de água e energia (SILVA *et al.*, 2016).

A produção de hortaliças com foco em comercialização na região metropolitana de São Paulo-SP se dá no chamado Cinturão Verde, o qual constitui municípios ao redor da mancha urbana central da capital do estado. Dentro desta região, situa-se o município de São Roque-SP.

O êxito das hortaliças minimamente processadas se dá, majoritariamente, à comodidade que esses produtos propiciam aos consumidores, estando pronto para consumo associados à segurança microbiológica (ZAGORY, 2000).

Muitas empresas se dedicam ao processamento e comercialização de produtos frescos ou minimamente processados. Dentre essas empresas, a Verdureira® se caracteriza como produtora das hortaliças que processa, atendendo diversos estabelecimentos na Região Metropolitana da Grande São Paulo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de Alface no Brasil

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família Asteracea, é uma planta anual, herbácea, e é a hortaliça folhosa mais consumida na forma de salada (FILGUEIRA, 2008; MURAYAMA, 2002). É atribuída como a hortaliça folhosa mais significativa na alimentação do brasileiro. Juntamente com a cultura do tomate é a hortaliça mais apreciada para as saladas, por ser refrescante, de sabor apazível e de fácil preparo, o que endossa à cultura relevante importância econômica (LUZ, J. Q. M.; GUIMARÃES, S. T. M. R.; KORNDÖRFER, G. H., 2006). É uma hortaliça rica abundante em vitaminas A, B1, B2 e C, além de conter ferro e cálcio (MURAYAMA, 2002). Possui elevado teor de fibras vegetais, sendo muito recomendada em dietas (SCHUMACHER *et al*, 2012).

A área destinada à produção de hortaliças folhosas no Brasil está em torno de 174 mil hectares. Dentre essa área, em torno de 49,9% está direcionada à produção de alface. A cultura da alface é cultura olerícola mais consumida no Brasil, movimentando em média um montante de R\$ 8 bilhões de reais, apenas no varejo, com uma produção estimada em mais de 1,5 milhão de toneladas/ano. O estado de São Paulo se caracteriza como o maior produtor e consumidor da hortaliça no país, com cerca de 137 mil toneladas produzidas em 8 mil hectares plantados, seguido dos estados Paraná e Minas Gerais (PESSOA; MACHADO JUNIOR, 2021).

A produção de alfices no Brasil é amplamente realizada em campo aberto, compreendendo grandes limitações e perdas na produção. Deste modo, os produtores têm almejado novas técnicas de cultivo e modernizações nos sistemas. Como forma de mitigação de riscos e maior continuidade na produção, muitos produtores passaram a exercer o cultivo em ambiente protegido. Sala e Costa (2012) realçam o sistema hidropônico, que tem se difundido nos últimos anos nas principais regiões produtoras do país.

Por ser um produto perecível e consumido *in natura*, a preocupação com a qualidade da alface, tanto nutricional quanto sanitária, deve permanecer em todos os seguimentos envolvidos no processo da produção e comercialização (REZENDE, 1991).

2.2 Sistema Hidropônico

O setor agrícola impacta em aproximadamente 70% do consumo global de água (TAHTOUH *et al.*, 2019). Com o aumento da população, destaca-se o aumento da produção das culturas como um dos desafios da agricultura moderna (FUENTES-CASTAÑEDA *et al.*, 2016), e em uma realidade de escassez hídrica tanto em quantidade quanto em qualidade, frente ao crescimento da demanda de alimentos (MKHWAZANI; VILANE, 2018; SUTHAR *et al.*, 2018). Uma alternativa ambientalmente e sanitariamente viável para o destino dessas águas na produção agrícola é o cultivo em sistemas hidropônicos (ALVES *et al.*, 2019).

O cultivo em sistema hidropônico consiste em uma técnica em que o solo é substituído por uma solução aquosa, contendo apenas os elementos minerais indispensáveis para o desenvolvimento vegetal (FURLANI *et al.* 1999). As técnicas de cultivo hidropônico passaram por expressivas modificações ao longo dos anos. Em 1925, W. R. Gericke iniciou o primeiro cultivo hidropônico comercial na Califórnia. No período, era uma atividade de elevado custo e inadaptada. Somente em 1965, Allen Cooper trouxe o sistema do fluxo de nutrientes que propiciou a produção em escala comercial (MARTINEZ, 2005). Castellane (1995) caracterizou o termo hidropônico como sendo relativamente novo, tendo sido citado primeiramente em 1930 por W. F. Gericke (derivado do grego, 'hydro' = água e 'ponos' = trabalho). Equivalente a todos os sistemas de cultivo sem solo, a hidroponia busca o controle de fatores ambientais. Por isso, a técnica vem ganhando destaque como uma alternativa para regiões com transtornos de área de produção, problemas com solo, entre outros.

É um sistema de produção de grande relevância em todo o mundo, e em muitos países esta técnica vem sendo aperfeiçoada. Sua importância está não só por ser uma técnica distinta nos cultivos olerícolas, mas também por contribuir na mitigação de contaminação do solo e da água subterrânea, mas também pelo manuseio preciso dos nutrientes das plantas (LIMA *et al.*, 2020).

No Brasil os cultivos hidropônicos são relativamente recentes, mas muito difundidos nos cinturões verdes de algumas capitais, e em algumas cidades no interior. A cultura da alface é a mais disseminada entre os produtores de sistema hidropônico, sendo esse fato atribuído ao pioneirismo da cultura como alternativa de cultivo hidropônico no país, aliado ao manejo simplificado e, especialmente, por ser uma cultura de ciclo curto (GUALBERTO, R; RESENDE, F. V.; BRAZ, L. T., 1999). A

maior parcela dos cultivos hidropônicos de alface no país é feita por meio da técnica do fluxo laminar de nutrientes (NFT, na sigla em inglês). Os primeiros produtores brasileiros a instalar essa técnica, o fizeram por meio de informações geradas por pesquisas executadas na Europa, Estados Unidos e Austrália, locais em que as condições climáticas, custos de produção e mercados consumidores diferem muito das condições locais (KOEENDER, 1996).

Os sistemas hidropônicos atuais passaram por diversas modificações desde as primeiras experiências realizadas, possibilitando adaptações às condições ambientais e socioeconômicas das diferentes regiões de produção. Dentre essas adaptações, destacam-se a opção por uma contínua ou intermitente circulação da solução nutritiva, a utilização de diferentes fontes de substrato e a aeroponia (MARTINEZ, 1999; MALFA & LEONARDI, 2001).

Staff (1998) reconhece que a técnica de cultivo hidropônico mais empregada é a do Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT), em que a solução aquosa comportando os nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal flui por canais de cultivo e são absorvidos pelas raízes das plantas.

Para Santos (2012), o cultivo em sistema hidropônico se sobressai em relação à economia de recursos, como a água, estimando-se uma economia de 50 a 70% de água quando comparado ao cultivo convencional. Isso se dá pela considerável redução das taxas de evaporação, escoamento superficial e percolação no sistema hidropônico. Ainda ressalta a possibilidade de reutilização da solução nutritiva descartada na irrigação de meios de cultivo convencionais.

As plantas absorvem os nutrientes em diferentes quantidades. Segundo Carmello (1997), a absorção decorre da forma em que o nutriente se encontra, a quantidade em que está presente no meio, a distribuição do sistema radicular, a espécie cultivada, da cultivar, do estado fenológico entre outros fatores relativos a fatores sistêmicos (oxigênio, pH, umidade e condutividade elétrica) e ambientais (fotoperíodo, temperatura e umidade relativa do ar). Esses fatores são de extrema importância na situação em que se utiliza uma única composição de solução nutritiva ao longo de toda a fase de cultivo, pois assim, torna-se possível ocorrer um desequilíbrio nutricional de modo a acumular ou carecer algum nutriente ao longo do desenvolvimento da planta (FURLANI *et al.*, 1999).

Um dos assuntos discutidos por Resh (1997) a respeito do cultivo em sistema hidropônico, é a respeito de como manter o equilíbrio e um estado ótimo de nutrição

das plantas. Ainda que a solução nutritiva disponha dos nutrientes, um desequilíbrio pode causar uma rápida deficiência de nutrientes, comprometendo a produção.

Na medida que o cultivo comercial em sistema hidropônico evoluiu, os sistemas de manejo foram se aprimorando. Inicialmente, a solução nutritiva era renovada periodicamente, resultando em grande desperdício impacto ambiental. Então, passou-se a complementar juntamente com os sais, a água consumida ou evapotranspirada, elevando a concentração de sais menos absorvidos e diminuindo a quantidade de sais de maior absorção. Pôs-se em prática a técnica de medição e correção por meio da condutividade elétrica da solução, de modo que, pela quantidade de sais dissolvidos na solução, se repusesse proporcionalmente a fórmula inicial. No entanto, não há como definir qual a quantidade de cada nutriente estava em maior ou menor quantidade antes da reposição, permitindo com que se gere um desequilíbrio nutricional (FURLANI *et al.*, 1999).

Segundo Resh (1997), avaliações periódicas nas folhas é a melhor forma de monitoramento da adubação. No entanto, esta operação demanda tempo e trabalho, além de ser onerosa, e, portanto, nem sempre se torna economicamente e operacionalmente viável. Outro fator importante seria o tempo, pelo fato de o retorno do resultado dos laboratórios ser devagar, enquanto é extremamente importante ter uma resposta rápida que permita uma tomada de decisão assertiva, sem prejudicar a produção (FURLANI *et al.*, 1999).

Tendo isso em vista, a reposição adequada dos nutrientes necessários no decorrer do ciclo produtivo evitando-se um desequilíbrio da concentração da solução nutritiva se demonstra como um dos desafios para os produtores de sistema hidropônico.

2.3 Sistema DFT (Deep Film Technique)

Dentre os diversos sistemas de cultivo hidropônico, há o sistema DFT (*Deep Film Technique*). Segundo Furlani *et al.*, (1999), no sistema DFT não se têm os canais de cultivo, mas sim uma mesa ou caixa nivelada, na qual permanece constantemente uma lâmina de solução nutritiva.

O sistema DFT admite a aplicação de diferentes frequências de recirculação da solução nutritiva, pelo constante contato das raízes das plantas com a lâmina de solução nutritiva. (VIANA, *et al.*, 2018). Pela frequente exposição das raízes das

plantas em submersão na solução nutritiva por todo o período de cultivo, os níveis de oxigenação da solução demandam especial atenção quando em comparação ao sistema de cultivo hidropônico de Fluxo Laminar de Nutrientes (SILVA; MELO, 2003).

Dentre as principais vantagens do sistema DFT, em comparação com o sistema predominante NFT, estão: 1) menor custo de implementação da estrutura; 2) Elevado poder tampão por se utilizar um volume expressivamente superior de solução nutritiva por planta; 3) menor risco de perda total da produção ocasionado por falhas no sistema de alimentação ou por falta de energia, em função da constante exposição das plantas à solução nutritiva (ZERONI *et al.*, 1983). Também atribui-se como uma vantagem do sistema DFT em relação ao sistema NFT a possibilidade de renovação da solução nutritiva, por meio de reposições específicas dos nutrientes consumidos, devolvendo o equilíbrio nutricional da solução e estendendo a utilização da mesma, economizando recursos e mitigando o impacto ambiental.

Silva *et al.* (2016), alertam que não se pode ter intervalos extensos entre as recirculações, pois o fator limitante para as raízes submersas em solução nutritiva passa a ser o oxigênio dissolvido (DO). A manutenção da solução nutritiva torna-se ainda mais relevante quando as temperaturas no ambiente de cultivo são elevadas, pois a sua concentração reduz com o aumento da temperatura na solução.

Fernandes *et al.* (2004), quando avaliaram o rendimento da cultura do manjeriço cultivada em sistema hidropônico Floating e em substrato, ambas irrigadas com a mesma solução nutritiva, observaram que o sistema Floating a apresentou maior produtividade média (massa verde em torno de 44% superior). Os autores atribuem essa resposta distinta em produtividade à diferença no tratamento da solução nutritiva.

O sistema Floating é amplamente difundido na produção de mudas de tabaco, onde as mudas são produzidas em bandejas de isopor, preenchidas com substrato e flutuando sob a água (OLIVEIRA; COSTA, 2012). Esse sistema permite ao produtor de mudas de tabaco uma maior uniformidade e elevada taxa de sobrevivência após transplante (NEUMANN *et al.*, 2017).

3. OBJETIVOS

O presente trabalho teve por objetivo avaliar parâmetros de interesse agrônomo e comercial das variedades de Alface Natália RZ, Carmolí RZ, Tudella RZ, bem como analisar o comportamento da solução nutritiva, em cultivo em sistema DFT (Deep Film Technique), no município de São Roque-SP.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação foi conduzida na propriedade Verde Prima 1, localizada no bairro de São João Novo, no município de São Roque-SP. De acordo com a classificação climática de Köppen, o município se enquadra no clima subtropical Cwa. A altitude da propriedade está em torno de 600 metros de altitude.

Utilizou-se as variedades de alface Natália RZ (Rijk Zwaan), Carmolí RZ (Rijk Zwaan) e Tudela RZ (Rijk Zwaan) (Figura 1), semeada em bandejas de 162 células (Figura 2), com dimensão de largura, comprimento e profundidade de 33,50, 66,60 e 5,00 cm respectivamente. O volume de cada célula, nesse tipo de bandeja é de 31 cm³. O semeio foi realizado dentro da propriedade, no dia 31 de março de 2023, utilizando-se o substrato Carolina Soil. Após semeadas, as bandejas foram armazenadas em ambiente protegido da luz e variação de temperatura por um período de 3 dias, e passado esse período, foram alocadas no viveiro de mudas onde se desenvolveram por 27 dias. Após o período no viveiro, realizou-se o transplântio para o sistema Floating.

Após o transplântio as mudas estiveram em contato com a solução nutritiva com base na recomendação de Mello; Campagnol, (2015): 700 g de Nitrato de Cálcio, 230 g de Sulfato de Magnésio, 60 g de MAP, 390 g de Nitrato de Potássio, 130 g de Fosfato Monopotássico, 30 g de Quelato de Ferro 5% e 50 g de micronutrientes Dripsol Micro Rexene Equilíbrio® a cada 1.000 litros de água.

A condutividade elétrica (EC), pH, Temperatura e Oxigênio Dissolvido (DO) foram monitorados diariamente, duas vezes ao dia, por meio do equipamento AK88 (AKSO). A EC foi mantida na faixa de 1,2 – 1,5 $\mu\text{S}/\text{cm}^1$, o pH entre 5,5 – 6,6 e o DO na faixa de 8,0 – 12,0 mg/L.

Realizou-se o monitoramento nutricional da solução nutritiva por meio de análises laboratoriais, no laboratório de Instituto Agrônômico de Campinas (IAC), coletando-se uma amostra a cada 7 dias.

O transplântio ocorreu no dia 03 de maio de 2023, e a colheita e coleta dos dados no dia 05 de junho de 2023, totalizando 33 dias de ciclo após transplante e 66 dias de ciclo após semeio.

Os parâmetros avaliados após a colheita foram: Massa Fresca Total (g); Massa Fresca de Parte Aérea (g); Massa Fresca de Raízes (g); Comprimento Total (cm);

Comprimento de Parte Aérea (cm); Comprimento de Raízes (cm); e Número de Folhas. Para avaliação estatística dos dados coletados após a colheita, utilizou-se o método Scott-Knott.

Também se realizou uma avaliação comercial de aproveitamento de produto final, de modo que, após a colheita as plantas foram alocadas em caixas de plástico e transportadas por meio de um caminhão refrigerado para a unidade de processamento da empresa Verdureira®. Ao chegar à plataforma da empresa, as caixas foram descarregadas, pesadas, e passaram por uma etapa de limpeza em bacias com água, para a separação do produto para descarte. Após esta etapa, o produto selecionado para a produção foi higienizado e posteriormente embalado.



Figura 1. Variedades de Alface Natália, Carmolí e Tudela, respectivamente (Rijk Zwaan Zaadteelt en Zaadhandel B.V. 2023 (RIJKZWAAN, 2023)).

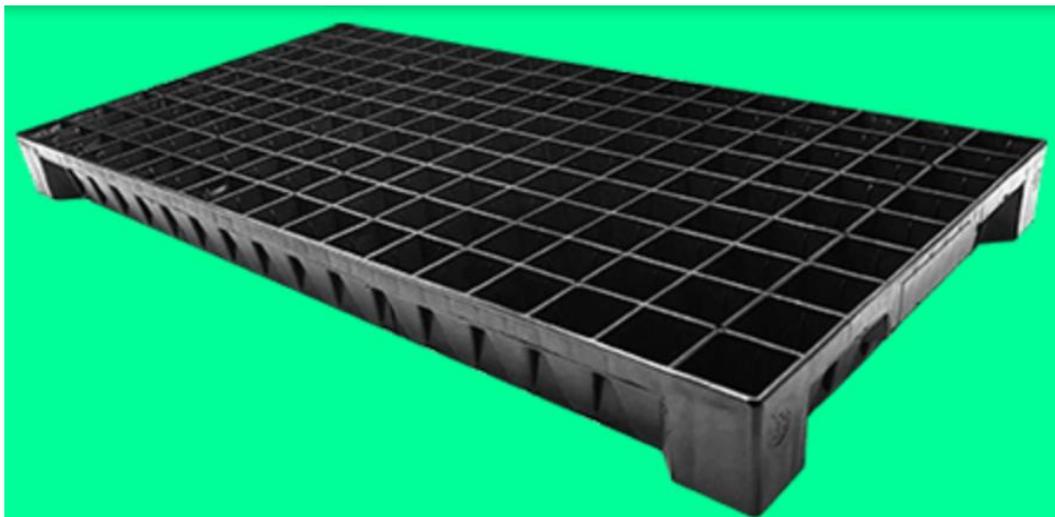


Figura 2. Bandeja JKS de 162 células (JTK Agro, 2023).

4.1. Placas

As mudas foram transplantadas em placas de isopor (Figura 3), de dimensão 95,00 x 77,00 cm e espessura de 5,00 cm, contendo 15 furos em cada placa com espaçamento de 22,5 cm entre cada furo. Os furos, contendo dimensão de 4,00 x 4,00 x 5,00 cm, foram desenvolvidos especialmente para receberem mudas de bandejas de 162 células. Os furos contaram com relevo na parte superior, para um melhor suporte das plantas durante o desenvolvimento, e na parte inferior uma lacuna para maior oxigenação do sistema radicular pelo contato com o ar. As placas, na parte inferior, dispunham de relevo aliviado para, conjugado com a lacuna dos furos, incrementar a oxigenação das raízes.

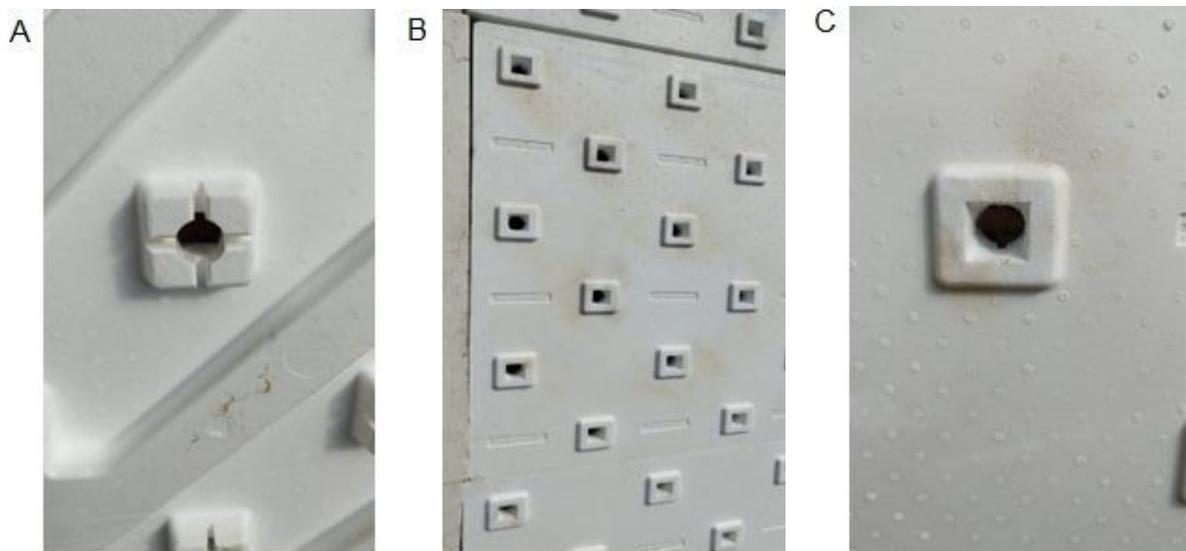


Figura 3. (A) Parte inferior da placa; (B) Placa de isopor; (C) Parte superior da placa.

4.2. Floating

A piscina em que se realizou o cultivo para a avaliação (Figura 6) apresentou as dimensões de largura, comprimento e profundidade de 6, 37 e 0,25 m respectivamente. Desse modo comportou 38 fileiras, com 7 placas em cada fileira e uma capacidade total de 266 placas e 3990 plantas. A capacidade total de solução nutritiva da piscina foi de 55.500 L. A estrutura da piscina é de alvenaria com um revestimento interno de Geomembrana de material Pead e espessura de 1 mm.

Na área externa da piscina encontrou-se a estação de tratamento da solução nutritiva (Figura 7). Essa estação possui 3 setores, sendo o de filtragem, decantação e oxigenação respectivamente. A solução nutritiva retornou pelos ralos para o setor de filtragem, o qual possui uma malha de filtragem, passando em seguida para a etapa

de decantação, na qual o excesso de sedimentos não filtrados se precipita. Após a decantação a solução nutritiva recebeu injeção de oxigenação, por meio de um cilindro de O₂ medicinal e um equipamento de nano bolhas. Após a oxigenação a solução retorna à piscina.

A capacidade total da estação de tratamento foi de 2.000 L, totalizando um volume de solução em que foi operada a avaliação de 57.000 L.



Figura 4. Floating.



Figura 5. Estação de tratamento.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discussão e apresentação dos resultados obtidos foi dividida entre os resultados comerciais e agronômicos das variedades utilizadas na avaliação, e nos resultados obtidos no manejo do sistema DFT.

5.1. Avaliação Agronômica e Comercial

Ao avaliar-se os parâmetros de interesse agronômico das cultivares utilizadas no experimento, obteve-se os resultados, em 5 tratamentos com 4 repetições em cada, dos parâmetros: Massa Fresca Total (g); Massa Fresca de Parte Aérea (g); Massa Fresca de Raízes (g); Comprimento Total (cm); Comprimento de Parte Aérea (cm); Comprimento de Raízes (cm); Número de Folhas.

Tabela 1. Médias de Massa Fresca Total (MFT), Massa Fresca de Parte Aérea (MFPA) e Massa Fresca de Raízes (MFR).

	MFT (g)		MFPA (g)		MFR (g)	
<i>Natália RZ</i>	253,75	A	229,25	A	24,50	B
<i>Tudela RZ</i>	244,25	A	213,00	A	31,25	A
<i>Carmolí RZ</i>	133,50	B	108,25	B	25,25	B

Nos dados obtidos, a variedade de alface lisa Natália RZ apresentou as maiores médias de Massa Fresca Total, seguida pelas variedades Tudela RZ e Carmolí RZ. Isso se explica pelas distintas tipologias das variedades, sendo as variedades Natália RZ, Tudela RZ e Carmolí RZ alfoces Lisa, Mini Romana e Crespa Roxa, respectivamente.

A variedade de alface Lisa apresenta maior número de folhas e espessura média, quando comparada às outras variedades de alface. Além disso, o tamanho das folhas é consideravelmente maior quando em comparação às respectivas variedades avaliadas. Já a variedade de alface Mini Romana possui folhas de maior espessura em grande número, mas de menor comprimento em comparação com as outras

variedades de alface. A variedade de alface Crespa Roxa apresenta menor número de folhas, de tamanho médio e espessura inferior. Dessa forma, a variedade de alface de tipologia Lisa demonstrou maiores médias de Massa Fresca Total principalmente pela característica desta tipologia de alface.

Pelo mesmo motivo discutido anteriormente, a variedade de alface Natália RZ apresentou maiores médias de Massa Fresca de Parte Aérea, seguida pelas variedades Tudela RZ e Carmolí RZ.

Dentre os valores obtidos de Massa Fresca de Raízes, a variedade Tudela RZ demonstrou as maiores médias, enquanto as médias das variedades Natália RZ e Carmolí RZ estiveram próximas.

Tabela 2. Médias de Comprimento de Parte Aérea (CPA), Comprimento de Raízes (CR), Comprimento Total (CT) e Número de Folhas.

	CPA (cm)		CR (cm)		CT (cm)		N° Folhas	
	Média	Letra	Média	Letra	Média	Letra	Média	Letra
<i>Natália RZ</i>	15,75	B	71,70	A	87,45	A	26,10	B
<i>Tudela RZ</i>	19,10	A	54,90	B	74,00	A	30,00	A
<i>Carmolí RZ</i>	21,30	A	50,75	B	72,05	B	13,25	C

Dentre as médias coletadas nos diferentes tratamentos, a variedade Carmolí RZ apresentou as maiores médias de Comprimento de Parte Aérea, seguida pela variedade Tudela RZ e Natália RZ. Isso se demonstra pela diferença de arquitetura das distintas tipologias as quais essas variedades pertencem, sendo característica a maior altura das tipologias de alface Crespa Roxa e Mini Romana, quando em comparação com as alfaces Lisa.

Das médias de Comprimento das Raízes, a variedade Natália RZ apresentou médias significativamente maiores quando comparadas às variedades Tudela RZ e Carmolí RZ.

Das médias de Comprimento Total, a variedade Natália RZ apresentou as maiores médias. Isso se explica pelo fato desse parâmetro representar a soma das médias de Comprimento de Parte Aérea e Comprimento de Raízes, sendo que a média de Comprimento de Raízes da variedade Natália RZ foi muito superior às demais.

Nas médias de Número Folhas coletadas dos 5 tratamentos, a variedade Tudela RZ apresentou valores superiores, seguida pela variedade Natália RZ. Já a

variedade Carmolí RZ apresentou as menores médias. Os dados obtidos neste parâmetro avaliados convergem com as distintas características das tipologias, anteriormente discutidas.

Já os parâmetros de interesse comercial, foram avaliados na unidade de processamento da empresa Verdureira, levando-se em consideração o Aproveitamento de Produto Final (Kg). As etapas de avaliação na fábrica consistiram em: Massa Total do Produto recebido; Massa média por planta; Massa Total de Produto Descartado (talos e raízes); Massa de Produto Pré-Higienizado; Massa De Produto Pós-Higienização; Quantidade Total de Pacotes Produzidos; Peso Total dos Pacotes Produzidos; Rendimento Total de Produto Final (%).

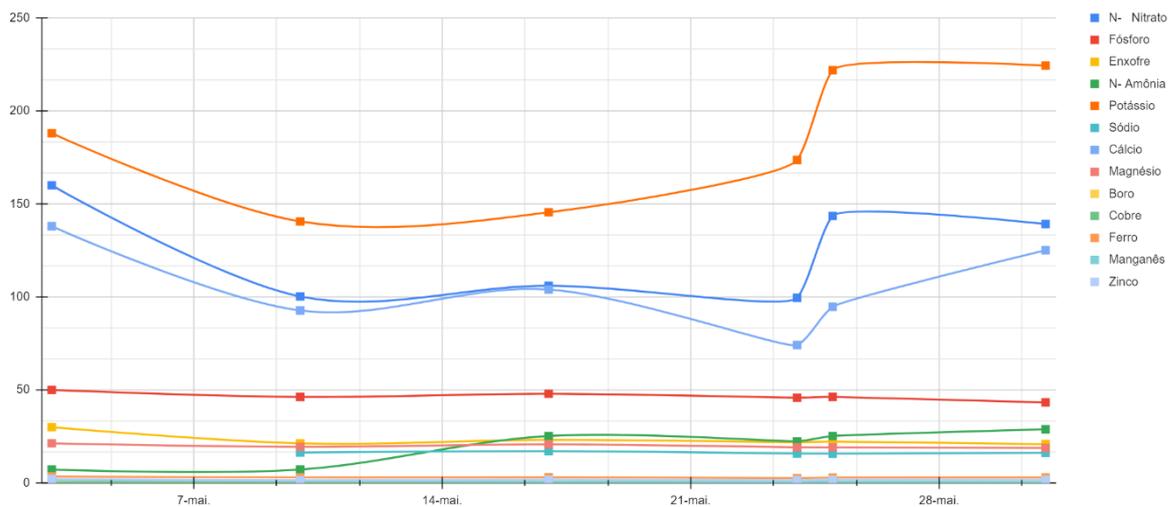
Tabela 3. Aproveitamento de Produto Final:

	<i>Natália RZ</i>	<i>Tudela RZ</i>	<i>Carmolí RZ</i>
Quantidade Total Pés	29	29	29
Peso Total Produto (Kg)	7,85	7,15	4,55
Massa Média/Planta (Kg)	0,271	0,247	0,157
Descarte (Raíz e Talo) (Kg)	1,95	1,90	2,06
Produto Pré-higienização	7,35	6,40	5,30
Produto Pós-higienização	6,02	5,22	4,83
Quantidade Pacotes	37	46	21
Pacotes (Kg)	3,55	4,42	2,03
Rendimento total (%)	45%	62%	45%

5.2. Comportamento da Solução Nutritiva

Com base no acompanhamento nutricional e nas medições dos parâmetros de interesse produtivo da solução nutritiva, mapeou-se as tendências de comportamento do consumo nutricional dos elementos presentes na solução, bem como a correlação deles com a Eletrocondutividade, pH e Oxigênio Dissolvido.

Gráfico 8. Comportamento dos nutrientes presentes na solução (mg/L) por semana.

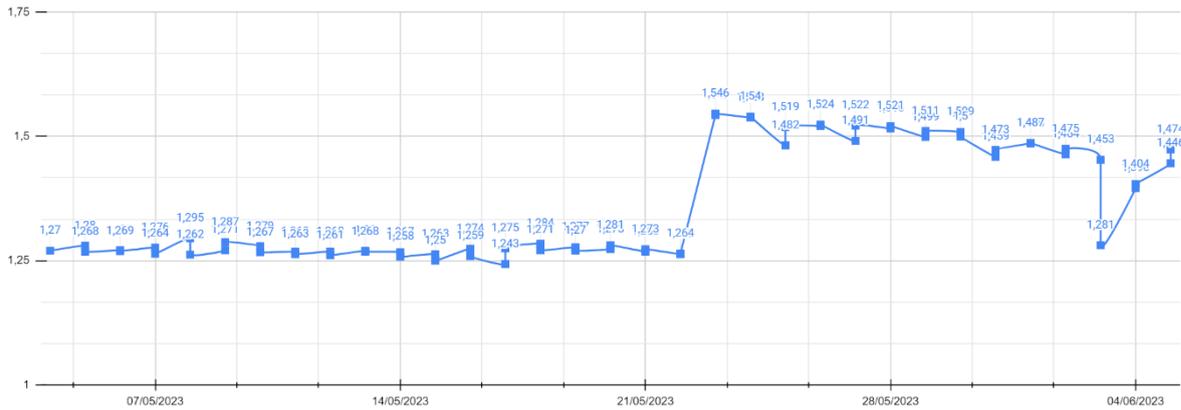


A tendência de consumo dos nutrientes presentes na solução, por parte das plantas, demonstrou claramente uma maior necessidade no início do desenvolvimento por Cálcio, Potássio e Nitrogênio. O consumo total de Nitrogênio não pôde ser determinado completamente por conta do aumento do teor de Nitrogênio Amoniacal.

Uma possível explicação para o aumento do teor de Nitrogênio Amoniacal na solução pode ser a da presença e proliferação de algas, bem como a proliferação de microrganismos na matéria orgânica presente na solução. A proliferação de algas na solução deveu-se pela incidência de luz solar nesta, que não esteve completamente protegida da exposição à luz. Segundo Vänninen & Koskula (1998), manejos que reduzam a incidência luminosa, como a utilização de materiais como cobertura, têm sido reportados como eficientes no controle de algas.

O aumento dos teores dos elementos na solução, entre os dias 10/05 e 17/05 são creditadas à evapotranspiração e evaporação da água da solução, resultando em um moderado aumento na concentração dos elementos. Já o aumento observado a partir do dia 24/05 resultam de uma reposição nutricional pontual dos elementos consumidos.

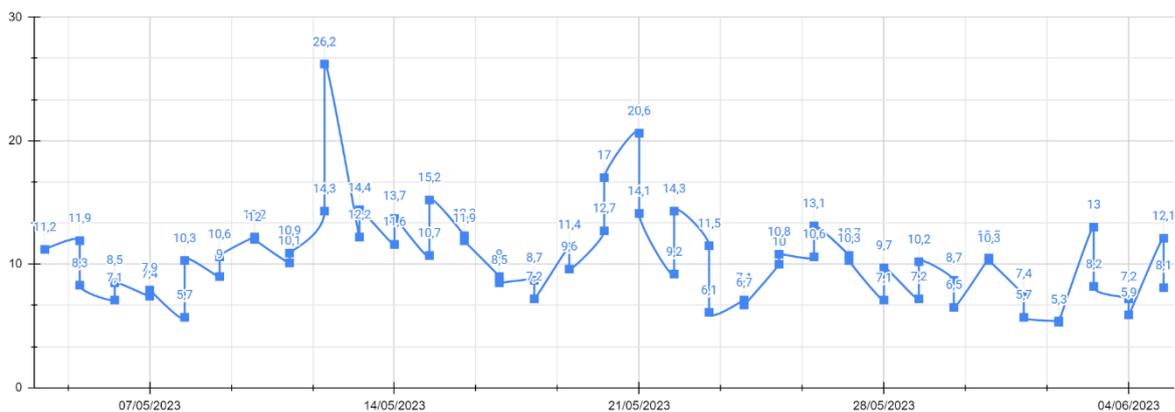
Gráfico 9. Comportamento diário da Eletrocondutividade (mS/cm³).



O comportamento inicial da Eletrocondutividade correspondeu às expectativas que se tinha para o sistema DFT. Por conta do grande volume de solução nutritiva que se utiliza, e uma quantidade pequena de plantas quando comparado ao NFT, a Eletrocondutividade pouco varia desde que não se reponha nutrientes ou água limpa à solução.

As variações mais representativas na Eletrocondutividade se deram entre os dias 22/05 23/05, quando se repôs alguns nutrientes com base nos resultados dos laudos dos dias 10/05 e 17/05.

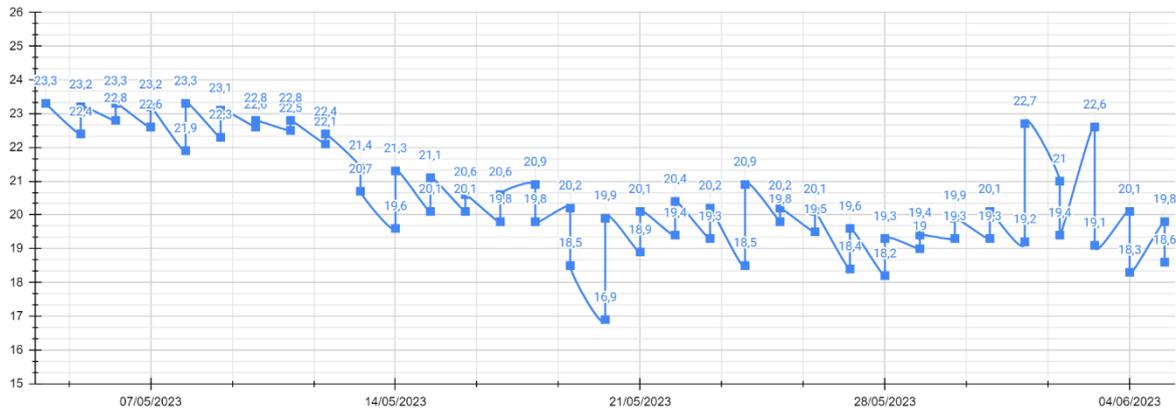
Gráfico 10. Comportamento diário do Oxigênio Dissolvido (mg/L) ao longo do experimento.



A regulação da taxa de Oxigênio Dissolvido por meio da indução de oxigênio medicinal em nanobolhas não foi regular, de modo que o sistema de oxigenação foi acionado conforme a necessidade. A falta de automação de acionamento do sistema ocasionou em uma desnecessária oxigenação da solução em períodos de impossibilidade de acionamento manual, de modo que o sistema de oxigenação ficou ativo por períodos de até 48 horas, alcançando valores de 26,2 mg/L de Oxigênio

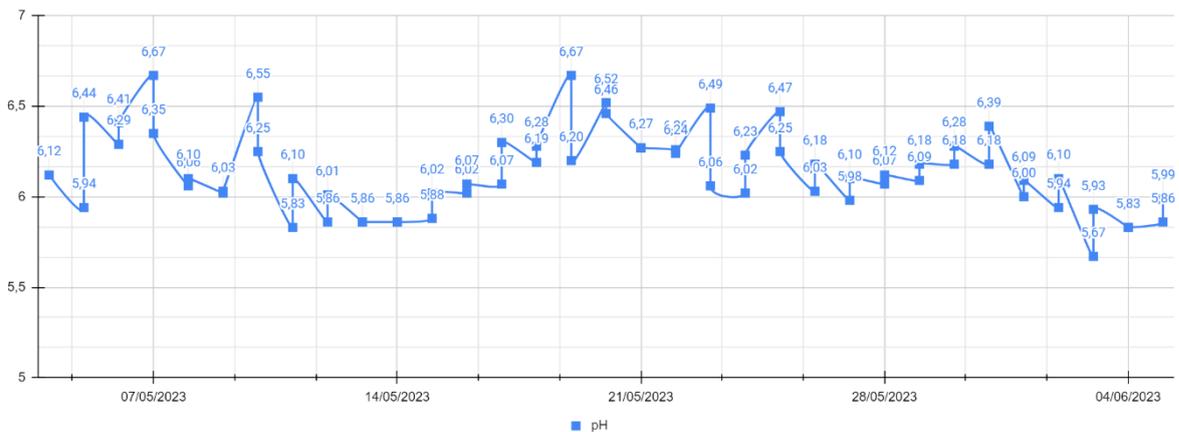
Dissolvido na solução. Mesmo assim, as plantas não demonstraram qualquer sintoma de estresse ou malformação ao longo do experimento.

Gráfico 11. Temperatura diária da solução (°C) ao longo do experimento.



A variação da temperatura na solução acompanhou as variações da temperatura no ambiente de cultivo, não sofrendo nenhuma influência relevante do manejo na condução do experimento.

Gráfico 12. Valores diários de pH da solução (°C) ao longo do experimento.



Dentre os parâmetros avaliados, os que obtiveram maior variação foram o pH e DO (mg/L). O aumento de DO se explica pela injeção de oxigênio no sistema, e sua queda, pelo consumo das raízes e volatilização para a atmosfera. Já as variações no pH da solução nutritiva, quando na ausência de oxigenação do sistema, apresentaram uma tendência de queda (acidificação da solução). Ao se ativar o sistema de oxigenação da solução, os valores de pH tenderam a se elevar. Isso se explicaria pela alta oxigenação da solução contribuir para a respiração radicular das plantas,

liberando dióxido de carbono (CO₂) na solução e conseqüentemente, elevando o pH da mesma. De acordo com Hauer & Hill (2007), variações de pH e dos teores de DO ocorrem pela fotossíntese de algas e respiração celular no crescimento de plantas macrófitas.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, tanto dentro da propriedade quanto na fábrica de processamento das hortaliças, as variedades avaliadas apresentaram resultados satisfatórios agronomicamente e comercialmente. A respeito do sistema DFT, dentro do período de avaliação, demonstrou-se um sistema promissor para o cultivo de hortaliças em sistema sem solo, necessitando de aprimoramentos no manejo para se consolidar como um sistema efetivo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCSEM - Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas. **Projeto para o levantamento dos dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil**, 2012.

CARMELLO, Q. A. C.; Cultivo hidropônico de plantas. **Série setor rural – nº1**. USP/ESALQ/DIBD. Piracicaba, 1997.

CASTELLANE, P.D.; ARAUJO, J. A. C., **Cultivo sem solo – Hidroponia**. 4ª ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995, 43p

FERNANDES, P. C. *et al*/ Cultivo de manjeriço em hidroponia e em diferentes substratos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.260-264, 2004.

FILGUEIRA, F. A. R., **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3ªed. Viçosa, MG: UFV, 2008, 421p.

FRASETYA, B.; HARISMAN, K.; RAMDANIAH, N. A. H. The effect of hydroponics systems on the growth of lettuce. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2021. p. 042115.

FUENTES-CASTAÑEDA, O.; DOMÍNGUEZ-PATIÑO, M. L.; DOMÍNGUEZ-PATIÑO, J.; MELGOZA-ALEMÁN, R. M.; VILLEGAS-TORRES, O. G. Effect of electric field on the kinetics of growth of lettuce (*Lactuca sativa*) in a hydroponic system. **Journal of Agricultural Chemistry and Environment**, Vigo, v. 5, n. 3, p. 113-120, 2016.

FURLANI, P. R; SILVEIRA, L. C. P.; BOLONHEZI, D.; Faquin, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999.

GUALBERTO, R; RESENDE, F. V; BRAZ, L. T. Competição de cultivares de alface sob cultivo hidropônico'NFT'em três diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, v. 17, p. 155-158, 1999.

HAUER, F. R.; HILL, WALTER, R. Temperature, light, and oxygen. In: **Methods in stream ecology**. Academic Press, p. 103-117, 2007.

JKS Agro. 2023. Disponível em:
<<https://www.jksagro.com.br/br/agro/produto/bandeja-plastica-rigida-162-31-ml> >
Acesso em: 5 jun. 2023.

JTK Agro, 2023. Disponível em: <
<https://www.jksagro.com.br/br/agro/produto/bandeja-plastica-rigida-162-31-ml> >
Acesso em: 5 jun. 2023.

KOEFENDER, Vanderlei Nestor. **Crescimento e absorção de nutrientes pela alface cultivada em fluxo laminar de solução**. 1996. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

KRAUSE-SAKATE, R. et al. Ocorrência generalizada do *Lettuce mottle* virus em três regiões produtoras de alface comercial do Estado de São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v. 34, p. 88-89, 2008.

LIMA, F. das C. G. et al. **Análise de mercado para o sistema hidropônico de cultivo e consumo de hortaliças no município de Rio Verde – GO**. Rio Verde, 2020.

LUZ, J. M. Q.; GUIMARÃES, S. TMR; KORNDÖRFER, G. H. Produção hidropônica de alface em solução nutritiva com e sem silício. **Horticultura Brasileira**, v. 24, p. 295-300, 2006.

MARTÍNEZ, F.C. Sistemas de cultivos hidropônicos. In: MILAGROS, M.F.; GÓMEZ, I.M.C. (ED.). *Cultivos sin suelo II. Curso Superior de Especialización*. Almería: DGIFA-FIAPA-Caja Rural de Almería. 1999, p. 207-228.

MARTINEZ, H. E. P. **Manual Prático de Hidroponia**. Viçosa: Aprenda fácil. 2005. 271p.

MKHWANAZI, M. M.; VILANE, M. Effects of irrigating with kitchen wastewater on growth and development of lettuce. **International Journal of Agriculture, Environment and BioResearch**, Ratlam, v. 3, n. 4, p. 309-316, 2018.

MURAYAMA, S., **Horticultura**. 2ªed. Campinas: Instituto Campineiro de ensino Agrícola. 2002, 329p.

NEUMANN, É. R. et al. Produção de mudas de batata doce em ambiente protegido com aplicação de extrato de *Ascophyllum nodosum*. **Horticultura brasileira**, v. 35, p. 490-498, 2017.

OLIVEIRA, A.C.B. et al. Divergência genética e descarte de variáveis em alface cultivada sob sistema hidropônico. **Acta Scientiarum**, v.26, n.2, p.211-217, 2004. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/1894>>. Acesso em: 02 jun. 2023.

OLIVEIRA, F.; COSTA, M. C. F. **Dossiê técnico: cultivo de fumo (*Nicotiana tabacum* L.)** São Paulo, SP: USP, 2012. 31 p. (Boletim Técnico, 1).

PAULUS, D. et al. Crescimento, consumo hídrico e composição mineral de alface cultivada em hidroponia com águas salinas. **Revista Ceres**, v. 59, p. 110-117, 2012.

PESSOA, H. P.; MACHADO JUNIOR, R. Folhosas: Em destaque no cenário nacional. **Revista Campo & Negócios**, 2021. Disponível em: <<https://revistacampoenegocios.com.br/folhosas-em-destaque-no-cenario-nacional/>>. Acesso em: 11 jun. 2023.

REZENDE, A.C. Controle da qualidade de hortaliças comercializadas nas centrais de abastecimento. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE

HORTALIÇAS E FRUTAS FRESCAS. **Anais...** Brasília: EMBRAPA - CNPH, 1991. p. 20 - 26.

RIJKZWAAN, 2023. Disponível em: < <https://www.rijkszwaan.com.br/sementes/alface-ctgCrops.lettuce> >. Acesso em: 5 jun. 2023

SANTOS, O. S, dos. (Org.). **Cultivo hidropônico**. Santa Maria: UFSM: Colégio Politécnico, 264 p, 2012.

SCHUMACHER, P. V. et al. Competição de cultivares de alface em Jataí-GO. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, 2012.

SILVA, A. P. P.; MELO, B.; FERNANDES, N. Fruteiras do cerrado. **Núcleo de Estudos em Fruticultura no Cerrado**, p. 1, 2003.

SILVA, M. G. da *et al.* Frequency of recirculation of nutrient solution in hydroponic cultivation of coriander with brackish water. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, p. 447-454, 2016.

STAFF, H. **Hidroponia**. 2. ed., Cuiabá: SEBRAE/MT. 101 p. (Coleção Agroindústria, v. 11), 1998.

SUZART A, LUCYLIA *et al.* CULTIVO DE MANJERICÃO UTILIZANDO EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO EM SISTEMAS HIDROPÔNICOS SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS ENTRE PLANTAS. **Revista IRRIGA (Brazilian Journal of Irrigation & Drainage)**, v. 24, n. 3, 2019.

TAHTOUH, J. *et al.* Impact of brackish groundwater and treated wastewater on soil chemical and mineralogical properties. **Science of the total environment**, v. 647, p. 99-109, 2019.

VANNINEN, I.; KOSKULA, H. Effect of hydrogen peroxide on algal growth, cucumber seedlings and the reproduction of shore flies (*Scatella stagnalis*) in rockwool. **Crop Protection**. 17: 547-553, 1998.

VIANA, P. C. *et al.* Estatística Multivariada como ferramenta descritiva na análise sensorial de alface hidropônica produzida com águas salobras. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 4, p. 2725-2730, 2018.

ZAGORY, D. Controlled and modified atmospheres. II. Advances in MAP. In: UCDAvis. **Postharvest technology**. Davis: Fresh-Cut products: Maintaining quality and safety, Seção 7b, p.4-5, 2000.

ZERONI, M.; GALE, J.; BEM-ASHER, J. *Root aeration in a deep hydroponic system and its effect on growth and yield of tomato*. **Scientia Horticulture**, Amsterdam, v.19, p.213-220, 1983.

ANEXO A