

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS LONDRINA  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**PEDRO HENRIQUE MAIA DE ANDRADE**

**USO DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO PARA A PRODUÇÃO DE  
HORTALIÇAS HIDROPÔNICAS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LONDRINA**

**2021**

**PEDRO HENRIQUE MAIA DE ANDRADE**

**USO DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO PARA A PRODUÇÃO DE  
HORTALIÇAS HIDROPÔNICAS**

Projeto de pesquisa apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Hidemassa Anami

**LONDRINA**

**2021**

**PEDRO HENRIQUE MAIA DE ANDRADE**

**USO DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO PARA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS  
HIDROPÔNICAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 17 de junho de 2021

---

Profa. Dra. Joseane Debora Peruço Theodoro  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof Dr. Ajadir Fazolo  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Prof Dr. Marcelo Hidemassa Anami  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## **AGRADECIMENTOS**

O meu maior desejo era iniciar a vida acadêmica de Engenharia em uma Universidade Pública. Em minhas orações pedia para Deus me iluminar e dar sabedoria para esse sonho fosse realizado, e mediante a esse pedido, ele atendeu e me acompanhou em cada processo de formação, proporcionado força e discernimento para continuar essa caminhada de formação. Em razão disso, o meu maior agradecimento é ao soberano Deus, que com seu jeito único me deu essa oportunidade.

Aos meus pais, que antes de ingressar no curso me proporcionaram as melhores condições de estudo, em que se abdicaram de várias coisas para sempre me ajudar e dar o melhor. E também, me ensinaram a ter humildade e honestidade ao longo dessa jornada, a qual são minha base e um dia quem sabe possa retribuir tudo aquilo que eles fizeram por mim.

Aos meus irmãos, Rafael e Eduardo, que sempre me apoiaram nas minhas decisões e ajudaram quando eu mais precisava.

Aos meus familiares, meu avô Jaime e minha avó Nilcéia, meu primo Lucas que sempre me apoiaram e ajudaram a transportar, construir e monitorar os cultivos do projeto.

Aos meus amigos de infância, Patrick, Samuel, Victor Hugo e Rafael, que estavam sempre presentes e me dando todo suporte necessário para continuar e almejar o meu objetivo final.

Aos meus colegas de Faculdade, Fernando, Guilherme, Washington, Danilo, João Pedro, Leonardo, Rodrigo, José Roberto, em que me ajudaram ao longo dos semestres e compartilharam momentos incríveis dentro e fora da Universidade.

Agradeço ao Professor Marcelo Hidemassa Anami, por me fornecer todo suporte necessário para a realização do projeto ao longo desses 2 anos e meio, acredito que foi um dos pilares para a minha formação.

E por fim, agradeço a Maria Ribeiro que foi uma menina incrível, a qual me ajudou durante todo processo dos experimentos.

## RESUMO

ANDRADE, P.H.M. Uso de Materiais de Baixo Custo para a Produção de Hortaliças Hidropônicas. 2021. 60p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). – Curso de Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.

O presente trabalho teve como objetivo estruturar um sistema de produção hidropônico de baixo custo e ecologicamente correto com reaproveitamento de materiais, disponíveis na UTFPR – Câmpus Londrina. O experimento foi conduzido na cidade de Londrina-PR, em uma área aberta com alta intensidade luminosa. Após a construção do sistema hidropônico, foi verificada todas as possibilidades de vazamentos e entupimentos, com o intuito de sanar os problemas e iniciar os cultivos. Também, pelo método experimental (volume/tempo) foi calculado as vazões de cada tubo do sistema hidropônico. As soluções nutritivas utilizadas no sistema foram 50 gramas YaraTerra “Kristalon” - Fertilizante Mineral Misto, 50 gramas YaraTerra “Calcilit” - Fertilizante Mineral Simples (Nitrato de Cálcio) e 0,8 mL NutriPlant “Green Top Micros-Q” - Fertilizante Foliar Líquido. Após a verificação de todos os processos, as alfaces crespas foram transplantadas para a fase conhecida como berçário, onde ficaram por um período de 30 dias e posteriormente a colheita. Diariamente, eram analisados o pH e a condutividade elétrica da solução nutritiva, e posteriormente, era inserido uma quantidade considerada essencial para o desenvolvimento da cultura alface. Após a colheita, foram avaliadas as variáveis peso úmido e peso seco das raízes + caules e folhas. O reaproveitamento dos resíduos da construção civil proporcionou uma diminuição de R\$ 238,17 dos custos para a construção do sistema hidropônico, totalizando uma redução de 47,5%. Para os parâmetros analisados, a vazão e o pH apresentaram bons resultados, porém a corrente elétrica obteve dados divergentes pelo fato de o monitoramento ser manual. E por fim, as análises estatísticas apresentaram resultados uniformes na matéria seca, porém na matéria verde ocorreu uma diferença significativa.

Palavras-chave: Hidroponia, Alface Crespa, Reaproveitamento, Solução Nutritiva.

## **ABSTRACT**

ANDRADE, P.H.M. Use of Low Cost Materials for the Production of Hydroponic Vegetables. 2021. 60p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). – Curso de Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.

The present work aimed to structure a low cost and ecologically correct hydroponic production system with reuse of materials, available at the UTFPR – Londrina Campus. The experiment was carried out in the city of Londrina-PR, in an open area with high light intensity. After the construction of the hydroponic system, all possible leaks and blockages were checked, with the aim of remedying the problems and starting crops. Also, by the experimental method (volume/time) the flows of each tube in the hydroponic system were calculated. The nutrient solutions used in the system were 50 grams YaraTerra "Kristalon" - Mixed Mineral Fertilizer, 50 grams YaraTerra "Calcilit" - Simple Mineral Fertilizer (Calcium Nitrate) and 0.8 mL NutriPlant "Green Top Micros-Q" - Liquid Foliar Fertilizer. After checking all the processes, the crisp lettuces were transplanted to the stage known as the nursery, where they remained for a period of 30 days and then harvested. Daily, the pH and electrical conductivity of the nutrient solution were analyzed, and subsequently, an amount considered essential for the development of the lettuce crop was inserted. After harvesting, the variables wet weight and dry weight of roots + stems and leaves were evaluated. The reuse of civil construction waste resulted in a reduction of R\$ 238.17 in costs for the construction of the hydroponic system, totaling a 47.5% reduction. For the analyzed parameters, the flow and pH presented good results, but the electrical current obtained divergent data due to the fact that monitoring is manual. Finally, the statistical analyzes showed uniform results in dry matter, but in green matter there was a significant difference.

Palavras-chave: Hydroponics , Crisp Lettuces, Reuse, Nutrient Solution.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Hortaliças Produzidas no Sistema Hidropônico.....	26
--------------------------------------------------------------	----

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema Básico para instalação de Hidroponia no Sistema NFT .....	17
Figura 2 - Montagem de um dispositivo tipo "Venturi" .....	23
Figura 3 - Local de Condução do Sistema Hidropônico .....	29
Figura 4 - Vista Superior do Projeto de Construção do Sistema Hidropônico .....	32
Figura 5 - Vista Superior do Projeto de Construção do Sistema Hidropônico, respectivamente.....	32
Figura 6 - Etapas de Construção do Sistema Hidropônico .....	33
Figura 7 - Sistema Hidropônico Completo.....	34
Figura 8 - Construção dos Reservatórios Hidropônico .....	35
Figura 9 - Eletrobomba Lavadora GE 110 V. ....	37
Figura 10 - Temporizador Analógico Autovolt Mister. ....	38
Figura 11 - Cultivo da Alface nas Estufas das Mudras Londrina.....	39
Figura 12 - Pesagem da Solução Nutritiva dos Compostos YaraTerra "Kristalon" e YaraTerra "Calcilit".....	42
Figura 13 - Conductometer CD-860 e Medidor de pH de Bancada, respectivamente ..	43
Figura 14 - Separação de Quatro Hortaliças de cada Tubo para Pesagem. ....	44
Figura 15 - Separação da Folha e Caule + Raiz. ....	49
Figura 16 - Pesagem da Cultura Fresca (Caule + Raiz e Folha .....	50
Figura 17 - Pesagem da Cultura Seca (Caule + Raiz e Folha) .....	50



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equipamentos essenciais e custo para a construção do Sistema Hidropônico NFT .....	30
Tabela 2 - Fertilizante Mineral Misto (YaraTerra “Kristalon”).....	40
Tabela 3 - Fertilizante Mineral Simples (YaraTerra “Calcilit”).....	40
Tabela 4 - Fertilizante Foliar Líquido (NutriPlant “Green Top Micros – Q”).....	41
Tabela 5 - Comparação dos Custos sem/com Reaproveitamento .....	46
Tabela 6 - Médias e Desvios Padrão da Vazão nos dois cultivos propostos.....	47
Tabela 7 - Dados Médios de pH e Condutividade elétrica nos dois cultivos.....	48
Tabela 8 - Valores Médios Raiz + Caule Fresco e Seco das amostras de alface dos cultivos.....	51
Tabela - Valores Médios da Folha Fresca e Seca das amostras de alface dos cultivos. ....	51

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
3.1. PRODUÇÃO DE ALIMENTOS X POPULAÇÃO MUNDIAL.....	14
3.1.1 SITUAÇÃO BRASILEIRA.....	15
3.2 PRODUÇÃO HIDROPÔNICA.....	16
3.2.1 TIPOS E COMPRIMENTO DAS BANCADAS.....	18
3.2.2 FATORES QUE AFETAM O SISTEMA HIDROPÔNICO.....	19
3.2.2.1 TEMPERATURA.....	19
3.2.2.2 LUMINOSIDADE.....	19
3.2.2.3 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	20
3.2.2.4 UMIDADE RELATIVA DO AR.....	20
3.2.2.5 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH).....	21
3.2.2.6 VAZÃO.....	22
3.2.2.7 OXIGENAÇÃO.....	22
3.2.2.8 PRESSÃO OSMÓTICA.....	23
3.2.3 SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	24
3.2.4 VANTAGEM E DESVANTAGEM DO CULTIVO HIDROPÔNICO.....	25
3.2.4.1 VANTAGEM E DESVANTAGEM PARA O CONSUMIDOR.....	26
3.2.5 HORTALIÇAS QUE PODEM SER PRODUZIDAS NO SISTEMA HIDROPÔNICO.....	26
3.2.5.1 A ALFACE.....	27
3.2.6 SUSTENTABILIDADE.....	28
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>
4.1 LOCAL DA EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	29
4.2 MATERIAIS UTILIZADOS NO SISTEMA HIDROPÔNICO.....	30
4.3 MONTAGEM DO SISTEMA HIDROPÔNICO.....	31
4.3.1 BANCADAS.....	31
4.3.2 CALHAS HIDROPÔNICAS.....	34
4.3.3 RESERVATÓRIOS.....	35
4.3.4 MOTO-BOMBA.....	36
4.3.5 TEMPORIZADOR.....	37
4.4 HORTALIÇA SELECIONADA PARA O SISTEMA HIDROPÔNICO.....	38
4.5 PREPARO DA SOLUÇÃO NUTRITIVA.....	39
4.6 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DO PROJETO.....	42
4.6.1 VAZÃO.....	42
4.6.2 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E PH.....	42
4.6.3 PESO FRESCO E ÚMIDO DA HORTALIÇA FOLHOSA.....	43
4.6.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	44
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>

5.1 ANÁLISE DE CUSTOS .....	46
5.2 VAZÃO .....	47
5.3 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E O PH .....	48
5.4 MASSA FRESCA E SECA .....	49
<b>6. CONCLUSÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e as mudanças de hábitos alimentares dos consumidores estão tornando maiores o consumo e a produção de hortaliças. Assim, a procura por uma alimentação saudável, com alimentos de alta qualidade, se tornou um hábito rotineiro para a população. Uma alternativa viável para produzir em grande quantidade, e ainda atender a alta demanda com o uso de pequenas áreas, é o cultivo por meio da hidroponia.

Segundo Santos et al. (2002) a hidroponia é denominada como uma técnica de cultivo que busca adquirir produtos com excelente qualidade, sabor e aspectos externos quando comparados com a agricultura tradicional. Além disso, esse sistema de cultivo promove um mínimo de desperdício de água e nutrientes, e ainda oferece um menor risco de proliferação de doenças e pragas.

No Brasil, os sistemas hidropônicos estão crescendo de forma rápida, em razão da precocidade na colheita, melhor utilização da área, uso de nutrientes eficientes e a qualidade do produto final. De acordo com Santos (2000), os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul desenvolveram pesquisas pioneiras para a implantação do cultivo hidropônico.

A alface (*Lactuca sativa* L.) é considerada a cultura mais essencial na alimentação do brasileiro, o que lhe acarreta importância expressiva na econômica. Nos sistemas hidropônicos, essa olerícola folhosa é utilizada em grande escala, pelo motivo da fácil adaptação ao sistema, alto rendimento e ciclo curto, em comparação ao cultivo sem solo. (OHSE et al., 2001).

Com relação ao desenvolvimento sustentável, a hidroponia se tornou uma importante ferramenta na preservação e uso da água, na qual proporciona uma redução de dez vezes na economia, quando relacionada com o cultivo tradicional, por exemplo, irrigação realizada no solo. Outra grande vantagem do sistema de cultivo é o menor risco de contaminação, sendo utilizado a quantidade mínima de defensivos agrícolas, que possibilita o controle de fatores ambientais, como poluição dos solos e sistemas lóticos.

Dessa forma, o presente trabalho pretende desempenhar alternativas sustentáveis, com a finalidade de analisar o comportamento da produção de alface no cultivo hidropônico, e seus benefícios para a saúde e o meio ambiente.

O objetivo deste trabalho foi estruturar um sistema de produção hidropônico de baixo custo e ecologicamente correto com reaproveitamento de materiais disponíveis na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Londrina.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivos Gerais

Estruturar um sistema de produção hidropônico de baixo custo e ecologicamente correto com reaproveitamento de materiais, disponíveis na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Londrina.

### 2.2 Objetivos Específicos

1. Projetar e definir os parâmetros para desenvolvimento do sistema hidropônico.
2. Levantar os custos necessários para a implantação da produção hidropônica.
3. Coletar os materiais e construir o sistema hidropônico.
4. Realizar testes e fazer ajustes do sistema hidropônico
5. Plantar a cultura para a validação do sistema hidropônico.
6. Analisar o peso úmido e seco da cultura no sistema hidropônico.
7. Analisar os dados utilizando ferramentas estatísticas adequadas.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Produção de Alimentos X População Mundial

Nos últimos anos, o ritmo de crescimento demográfico está acima de 70 milhões de pessoas por ano. Em virtude desse cenário, estima-se que a população mundial em 2050 seja entre 9 e 10 bilhões de pessoas (FAO,2014).

O Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento (PNUD) aponta que 886 milhões de pessoas vivem em países de renda média, enquanto cerca de 440 milhões situam-se em países de baixa renda. Os dados apresentados, principalmente em países desenvolvidos, relatam a existência de um cenário de desigualdade na qual um terço da população multidimensionalmente pobre são crianças com até 10 anos e metade são crianças menores de 18 anos.

Segundo a publicação da Organização das Nações Unidas, afirma que 26,4% da população mundial, aproximadamente dois bilhões de pessoas, apresentam insegurança alimentar moderada ou grave impossibilitando o acesso a alimentos saudáveis.

O acelerado crescimento populacional relacionado com focos de tensão do meio ambiente, como mudanças climáticas, desflorestamento, degradação dos recursos hídricos e fundiários tornam-se a insegurança alimentar mundial vulnerável. Diante dessa situação, aumenta o risco de não abastecer toda a população até 2050.

Um ponto importante que vale ressaltar é a necessidade de migrar para sistemas que desperdicem menores quantidades de alimentos. Todavia, na atualidade mundial perde-se 35%, que correspondem a cerca de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos por ano na qual certamente proporcionaria alimentos para 842 milhões de pessoas necessitadas (FAO,2014).

Outra área em que é essencial a mudança de paradigmas são as crescentes escassezes da água. Nesse momento, a agricultura é considerada a maior consumidora de água doce, cerca de 70%. Portanto, a acelerada urbanização e industrialização em conjunto com o crescimento populacional exigem fórmulas novas de

utilização e partilha da água, em função de manter o ciclo da água em níveis sustentáveis.

### *3.1.1 Situação Brasileira*

No presente momento, as evidências do aumento da densidade tecnológica do setor alimentar são inúmeras, porém os diferentes setores das principais cadeias produtivas são apresentados de forma desigual.

Diante disso, é importante salientar que o papel do desenvolvimento tecnológico e científico na oferta de produtos alimentares torna-se crítico para atender as exigências distintas do consumidor, em razão da preocupação com o sabor, saudabilidade e sustentabilidade dos alimentos consumidos.

Do ponto de vista de Page (2006), à medida que amplia a influência dos fatores educação, cultura, renda, informação e refeições fora do lar, os consumidores demandam maiores qualidade, quantidade e variedade de produtos alimentícios. As altas disponibilidades de renda e conhecimentos tendem a procurar maior valor sensorial/emocional proporcionado pelo aroma, aparência, experiência e textura.

De acordo com o estudo Brasil Food Trends 2020, elaborado pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) e do Instituto de Tecnologia de Alimentos (Ital) (FIESP/ITAL, 2010) o consumo de alimentos são analisados em cinco grandes macrotendências da alimentação: sensorialidade e prazer, saudabilidade e bem-estar, conveniência e praticidade, confiabilidade e qualidade, sustentabilidade e ética. Portanto, cada análise das macrotendências implica no comportamento das principais mudanças dos consumidores que ocorrerão nas décadas futuras.

No Brasil foram implantados inúmeros programas de inclusão social voltados para a ampliação do consumo de alimentos da classe de renda baixa. Dentre eles, destacam-se o Plano Brasil sem Miséria e Plano Viver sem Limite.

Os planos Brasil sem Miséria e Viver sem Limite possuem como proposta a realização da inclusão social da população vulnerável por meio de ações de qualificação profissional, transferência de renda, empreendedorismo e economia solidária. Segundo Rego e Madi (2012), “progressivamente, a convergência das



políticas de desenvolvimento e inclusão social poderá fortalecer o poder de compra e melhora da qualidade de vida das famílias brasileiras nas próximas décadas”.

### 3.2 Produção Hidropônica

A hidroponia surgiu no século XVII, com o intuito de determinar a composição das plantas por meio de experimentos sobre nutrição vegetal. A partir do século XIX, os pesquisadores conseguiram determinar quais eram os essenciais nutrientes minerais para o desenvolvimento das plantas na qual os adubos minerais eram dissolvidos em água (JESUS FILHO, 2009).

O termo Hidroponia foi criado pelo pesquisador Dr. William Frederick Gericke em 1935, o qual foi o primeiro cientista a utilizar a hidroponia em nível comercial. Na década de 60, o Canadá foi o fundador do uso comercial expressivo do sistema hidropônico em razão da devastação da grande produção de tomate, visando evitar a perda total da produção. Posteriormente, a prática hidropônica expandiu-se para outros países da Europa e América. No território brasileiro, a hidroponia passou a ser realizada apenas em 1980, sendo até hoje uma técnica pouco desenvolvida (NÚCLEO BRASILEIRO DE HIDROPONIA INTEGRADA).

A hidroponia é definida como uma técnica alternativa de cultivo em ambiente protegido, de modo que o solo é substituído por uma solução nutritiva que possui todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas (SEDIYAMA, s/d). De acordo com Neto e Barreto (2011), o termo hidroponia é derivado de duas palavras gregas: Hydro, significa água e Ponos que significa trabalho, que determina trabalho na água ou ainda cultivo na água.

Segundo Furlani et al. (2009), a hidroponia pode ser utilizada em três sistemas diferentes:

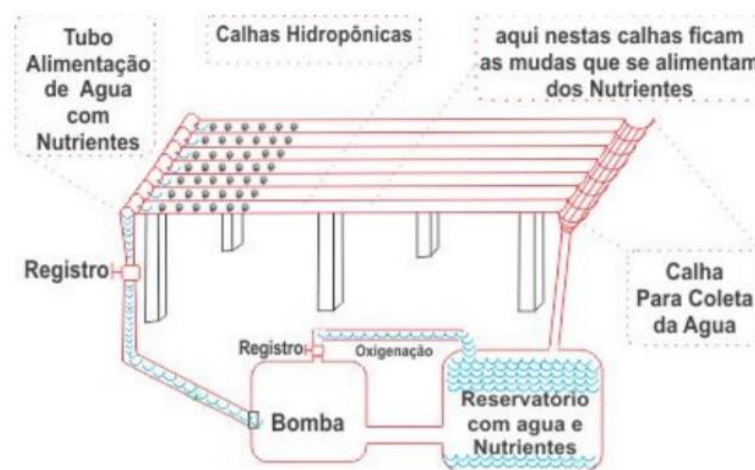
- ✓ sistema NFT (“nutrient film technique”) ou técnica do fluxo laminar de nutrientes: este sistema é composto basicamente de um tanque de solução nutritiva, de um sistema de bombeamento, dos canais de cultivo e de um sistema de retorno ao tanque. onde a solução nutritiva é bombeada aos

canais e escoa por gravidade formando uma fina lâmina de solução que irriga as raízes;

- ✓ sistema DFT (“deep film technique”) ou cultivo na água ou “floating”: neste sistema a solução nutritiva forma uma lâmina profunda (5 a 20 cm) onde as raízes ficam submersas. não existem canais e sim uma mesa plana onde fica circulando a solução, através de um sistema de entrada e drenagem característica;
- ✓ sistema com substratos: para hortaliças frutíferas, flores e outras culturas que têm sistema radicular e parte aérea mais desenvolvida, utilizam-se vasos cheios de material inerte, como areia, pedras diversas (seixos, brita), vermiculita, perlita, lã-de-rocha, espuma fenólica, espuma de poliuretano e outros para a sustentação da planta, onde a solução nutritiva é percolada através desses materiais e drenada pela parte inferior dos vasos, retornando ao tanque de solução.

No Brasil, o sistema hidropônico NFT (nutrient film technique) é considerado a técnica mais utilizada na produção de hortaliças folhosas (BRAGA, 2009). Desse modo, o sistema destaca-se pela facilidade na implantação da cultura e pela limpeza dos produtos colhidos (Figura 1).

Figura 1 - Esquema Básico para Instalação de Hidroponia no Sistema NFT.



Fonte: Hidroponia Aquaponia (2011).

### 3.2.1 Tipos e Comprimento das Bancadas

Conforme Alberoni (2004), bancada é definida como o local onde ocorre o plantio propriamente dito. Os principais tipos de bancadas são:

- ✓ canos de PVC: nessa situação os canais de circulação da solução são formados por canos de PVC. a desvantagem deste sistema é a formação de alga dentro dos canos, isso devido a penetração da luz pelos canos;
- ✓ bambus: os canos de PVC, nesse caso, são substituídos por bambus gigantes, com 50 a 60 mm de diâmetro, nesse caso deve-se retirar todos nós, possibilitando que a solução nutritiva circule normalmente dentro dele;
- ✓ suporte de arame: os canais devem ser estruturados com fios de arame recobertos pela lona plástica, que permite a circulação da solução da solução e o crescimento da planta. Com a possibilidade de utilização de materiais variados facilita a implantação desse sistema, aproveitando assim o que já existe e minimizando os custos iniciais.

Segundo Braun, Bedendo e Coltro (2008), o comprimento das bancadas variam conforme a espécie vegetal e o tipo de bancadas utilizadas. Quando o ciclo das plantas e mudas forem curtos, as bancadas devem corresponder aproximadamente dois metros de largura e um metro de altura, com o intuito de facilitar o manejo dos produtos e a higienização da mesa.

Ao longo do comprimento da bancada, o sistema hidropônico deve apresentar um desnível de 2 a 4%, em consequência do transporte da solução nutritiva por toda extensão dos canais. Além disso, a extensão de uma bancada não deve extrapolar 20 metros, visto que o valor ultrapassado implicará na falta de oxigênio da solução nutritiva na fração final da bancada, o que afetará diretamente o desenvolvimento das mudas e plantas (JESUS FILHO, 2009).

### 3.2.2 Fatores que afetam o Sistema Hidropônico

Neste contexto são abordados os fatores que influenciam de maneira direta e indireta o sistema de produção hidropônica.

### 3.2.2.1 *Temperatura*

De acordo com Carmello (2009), a manutenção da temperatura é um fator fundamental para absorção de nutrientes, ou seja, a absorção é um processo metabólico que sofre uma grande influência da temperatura.

Alberoni (1998) afirma que a temperatura ideal da solução nutritiva varia em torno de 10°C a 16°C para períodos frios e 18°C a 24°C em períodos. Além disso, não deve extrapolar os 30°C.

As temperaturas baixas da solução nutritiva podem causar murchamento e clorose nas plantas em razão de dificultar a absorção de água e nutrientes. Já em temperaturas elevadas, o desenvolvimento das plantas cultivadas será prejudicado. Além disso, a localização do reservatório interfere diretamente no aquecimento ou resfriamento da solução nutritiva na qual o sistema deve ser instalado em área protegida de radiação solar (JESUS FILHO, 2009).

### 3.2.2.2 *Luminosidade*

Conforme Jesus Filho (2009) a luz é considerada o principal fator que desencadeia a fotossíntese, levando a mesma na fixação de carbono dos vegetais. O crescimento das plantas são diretamente proporcionais com uma boa luminosidade. Portanto, o posicionamento e o local são pontos essenciais para a instalação de uma hidroponia. No caso de baixa luminosidade provocará o estiolamento da planta e o excesso de luz acarretará na perda de água dos tecidos, ambos prejudicariam o desenvolvimento das plantas.

### 3.2.2.3 *Condutividade Elétrica*

Costa et al. (2001) destaca a condutividade elétrica como sendo a mais importante diante das muitas propriedades apresentadas por uma solução nutritiva. Nos cultivos hidropônicos é analisado o teor de nutrientes na solução nutritiva de forma indireta, medindo sua condutividade elétrica (Verdonck et al., 1981).

Segundo Bliska Junior e Honório (1996), a avaliação da condutividade elétrica é recomendada para a reposição de nutrientes na solução, porém não identifica a faixa crítica de nutrientes e nem quais estão em falta ou em excesso.

A condutividade elétrica (CE) é dada como a proporcionalidade do número total de íons. Desse modo, uma diminuição da corrente elétrica é provocada por uma queda proporcional na quantidade total de íons disponíveis para absorção por parte das raízes. Os sais diferentes apresentam correntes elétricas distintas, portanto, para cada formulação haverá uma função linear relacionando quantidade total de íons dissolvidos com corrente elétrica (MARTINEZ, 1997).

Para hortaliças folhosas, como alface e rúcula, ocorre oscilação na condutividade elétrica da solução nutritiva utilizada, geralmente, variando entre 1,6 a 1,8 mS cm<sup>-1</sup> (Soares, 2002) até 2,5 mS cm<sup>-1</sup> (Castellane e Araújo, 1995). A avaliação da corrente elétrica torna-se necessária no cultivo dessa hortaliça em cada região brasileira devido às variações ambientais e o cultivo utilizado no qual empregados de maneira equivocada podem alterar toda a produção do sistema (RODRIGUES, 2002).

#### 3.2.2.4 Umidade Relativa do Ar

Os valores de umidade relativa do ar são muito variáveis no interior do ambiente protegido e estão correlacionados à temperatura, numa mesma relação inversa entre ambos. Durante o dia ocorre o aumento da temperatura e a umidade relativa tende a diminuir no interior do ambiente. Já no período noturno, a umidade relativa aumenta podendo chegar até 100%. [Shuck et al, s.d.]

Segundo o site *Rural News*, a umidade relativa do ar é caracterizada por ser um fator vital ao cultivo de plantas e hortaliças. Diante disso, o excesso de umidade favorece a proliferação de doenças e a baixa umidade proporciona a desidratação das plantas.

Conforme Jesus Filho (2009) existem recursos para eliminar ou reduzir a umidade relativa do ar. As soluções empregadas para eliminar a umidade relativa do ar são manter as janelas e aberturas parcialmente fechadas para reter parte da umidade das plantas e empregar nebulização abaixo das bancadas e acima da casa de vegetação. Já as medidas para a redução da umidade relativa do ar são utilizar exaustores para movimentar o ar externo e manter as cortinas abertas, porém, em caso de neblina deixá-las fechadas.

### 3.2.2.5 *Potencial Hidrogeniônico (pH)*

O potencial hidrogeniônico é caracterizado por meio de um índice que mede as atividades dos íons do hidrogênio. Nas análises de solo ocorre variações de pH não perceptíveis, em virtude do processo de absorção de íons. E no caso das soluções nutritivas, torna-se indispensável o ajuste periódico do pH (CARMELLO, 2009).

No sistema hidropônico é fundamental manter a acidez apropriada da solução nutritiva no decorrer de todo o ciclo de crescimento. Visto que as soluções nutritivas não são tamponadas, deve ocorrer o ajustamento diário do pH para uma determinada faixa de valores. O principal papel do pH é manter todos os nutrientes inseridos na solução em formas disponíveis para as plantas. Cada espécie apresenta uma faixa de pH na qual favorece o seu desenvolvimento. A maior parte das plantas, o potencial hidrogeniônico varia em torno de 5,0 a 6,5. Caso o pH ultrapasse 6,5 poderá ocorrer a precipitação de elementos como o cálcio, ferro, fósforo e manganês, que então deixam de estarem presentes (ZIESLIN, 1994).

Nos cultivos hidropônicos, o valor mais baixo tolerado pelas raízes é o pH 4,0. No caso de valores de pH inferiores a 4,0, o crescimento das raízes sofre efeito retardante. Já os altos teores de cálcio favorecem o crescimento das raízes.

As concentrações elevadas de hidrogênio afetam diretamente a permeabilidade das células, membranas e raízes e permitem a liberação de íons que foram absorvidos (YAN et al., 1992).

Para Zieslin (1994), o valor elevado de pH possui efeito sobre a exsudação de compostos fenólicos e nas funções da membrana. E ainda, apresenta a falta de nutrientes como o ferro, manganês e zinco, que, em tais condições, podem formar hidróxidos pouco solúveis. Dessa forma, o uso dos agentes tamponantes na solução nutritiva seria fundamental na qual eliminaria parcialmente a necessidade diária de correção do pH.

### 3.2.2.6 Vazão

Conforme Andriolo (1999) determina que a velocidade de circulação da solução deve ser de tal forma ajustada, para que seja evitada a falta mineral e de oxigênio. No final do sistema, a vazão em cada orifício deverá ser constante, isto é cada canaleta precisará receber a mesma quantidade de solução nutritiva em cada turno de irrigação (MORAES, 1997).

No sistema hidropônico NFT é a frequência de irrigação que determina o consumo de energia elétrica. Dessa maneira, uma frequência adequada promove o crescimento das plantas e possibilita uma queda no consumo de energia elétrica, proporciona então maior ganho econômico na produção (PILAU et al., 2002).

Para todo sistema hidropônico NFT, considerando-se a altura manométrica e o retorno de solução no tanque, a capacidade de vazão do conjunto moto-bomba deve ser relacionada com o número de canais que serão irrigados. De modo geral, sugeriu-se uma vazão de solução em torno de 1,5 a 2,0 L.min<sup>-1</sup> por canal, para o cultivo de plantas com ciclo curtos, como alface. O resultado da multiplicação do número de canais a serem irrigados pela vazão necessária fornece a quantidade mínima de litros por minuto (vazão) para irrigação das plantas (HELBEL JÚNIOR, 2004).

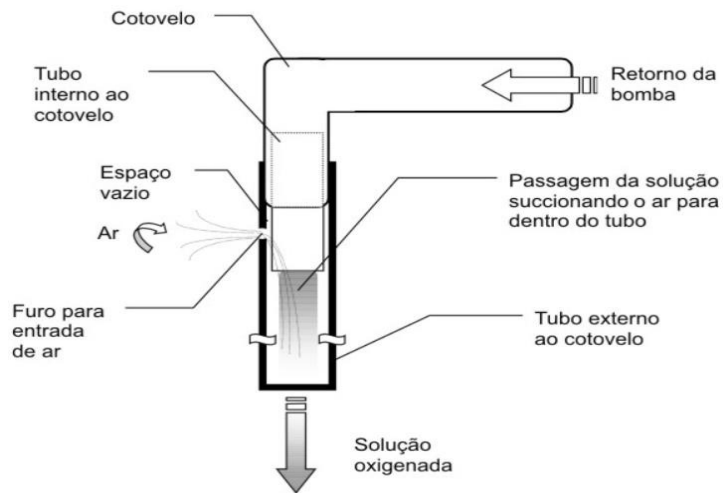
### 3.2.2.7 Oxigenação

Para Carmelo (1996) o nível de oxigênio da solução influencia na capacidade das raízes absorverem os nutrientes. Portanto, a absorção de nutrientes é um processo que necessita de energia, que é requerida por meio do metabolismo da planta, à custa da respiração. Contudo, uma solução que se encontra na superfície em contato direto com a atmosfera, pode não apresentar concentração de oxigênio dissolvido, necessário para que as raízes de certas espécies respirem.

Geralmente, a oxigenação é realizada pela circulação da solução nutritiva, com a instalação de uma bomba de aeração no reservatório, ou utilizando um dispositivo de Venturi, numa derivação da tubulação que realiza o retorno para o tanque (Figura 2). De acordo com Furlani et al. (1999), Venturi é um dispositivo hidráulico que possui uma redução interna do diâmetro na qual provoca o aumento da velocidade da água e,

posteriormente, a formação de um vácuo na parte inferior da tubulação visando a sucção da solução inserida no tanque.

Figura 2 - Montagem de um dispositivo tipo “Venturi”.



Fonte: Furlani et al. (1999).

### 3.2.2.8 Pressão Osmótica

A água movimenta-se de uma solução menos concentrada para uma solução mais concentrada, ocorrendo quando as mesmas estão separadas por uma membrana semipermeável. Desse modo, à medida que dissolve sais na água para a realização da solução, sua pressão osmótica irá aumentar (CARMELHO 2009).

De acordo com Alberoni (1998), a pressão osmótica aumenta em conjunto com a dissolução dos sais na água, isto é, ocorre a diminuição da tendência que a solução tem de penetrar nas raízes, até o momento que pare completamente de penetrar e começa o processo de retirada da água nas plantas. Portanto, embora a solução nutritiva contenha todos os nutrientes nas proporções adequadas, ela deve ser corretamente diluída, para que não promova danos as raízes.



### 3.2.3 Solução Nutritiva

No cultivo hidropônico, a solução nutritiva possui grande importância, pois o crescimento e desenvolvimento da cultura dependerão de uma adequada formulação (OLIVEIRA et al., 2013). Assim, na formulação são fundamentais o desenvolvimento das plantas, os custos da preparação e dos insumos e a utilização de qualquer sal solúvel, que forneça nutrientes essenciais e sem elementos químicos prejudiciais para as hortaliças (TEIXEIRA, 2014).

Segundo Furlani et al. (2009) a solução nutritiva depende de ajustes químicos adequados, como exemplos, o estágio de crescimento, a espécie de planta cultivada, estação do ano e, principalmente, a qualidade da água utilizada no sistema. Entretanto, ao longo do cultivo hidropônico, irá ocorrer a perda de água por evapotranspiração, na qual para repor a perda é fundamental acrescentar água juntamente com nutrientes em função da qualidade da fonte hídrica.

Conforme o (NÚCLEO BRASILEIRO DE HIDROPONIA INTEGRADA) para o desenvolvimento das plantas são necessários dezesseis elementos que se dividem em duas classes:

- ✓ elementos orgânicos: carbono, hidrogênio e oxigênio;
- ✓ elementos minerais: nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio, Magnésio, Manganês, Ferro, Zinco, Boro, Cobre, Molibdênio e Cloro.

Também, existem outros elementos químicos que são considerados fundamentais no desenvolvimento das plantas, sem, todavia, atender aos critérios de essencialidade. Como exemplos, são citados o silício (Si) para as gramíneas, o cobalto (Co) para plantas leguminosas fixadoras de nitrogênio atmosférico e o sódio (Na) nas plantas halófitas (FURLANI et al., 2009).

### 3.2.4 Vantagem e Desvantagem do Cultivo Hidropônico

O cultivo hidropônico tornou-se grande promissor, em virtude de apresentar uma série de vantagens em relação ao cultivo tradicional a campo e o cultivo protegido no solo. Nos dias de hoje, a técnica continua em desenvolvimento, porém os sistemas de produção comerciais estão espalhados pelo país.

Faquin e Furlani (1999) destacam as vantagens do cultivo hidropônico como sendo o uso de pequenas áreas para a produção, possibilidade de cultivo ao longo de todo ano, obtenção de elevadas produtividades, produção de produtos de boa qualidade com melhores preços no mercado, uso econômico e eficiente de água e fertilizantes, exigência pequena do uso de defensivos agrícolas, ausência de salinização e contaminação por patógenos, ausência da necessidade de rotação das culturas e controle de plantas daninhas.

Segundo Neto e Barreto (2012) o sistema hidropônico também favorece um controle melhor sobre a composição dos nutrientes fornecidos às plantas, redução do ciclo da cultura, produção fora dos períodos de plantio, diminuição de riscos climáticos e em parte dos tratamentos culturais, facilidade de produção e retorno rápido de capital.

Alberoni (1998) ainda acrescenta que o cultivo hidropônico oferece uma necessidade menor de mão de obra e um tempo maior de prateleira. Além disso, os modernos sistemas de hidroponia automatizados reduzem cerca de 70% a economia do uso de água em relação aos cultivos convencionais (BRITO NETO, 2015).

No entanto, vale ressaltar que existem algumas características nos sistemas hidropônicos que são consideradas como desvantagens. De acordo com Neto e Barreto (2012), com o conhecimento prévio e medidas racionais, alguns pontos negativos do cultivo hidropônico podem ser superados.

Para Faquin e Furlani (1999) as desvantagens do cultivo hidropônico são um maior investimento inicial, necessidade de conhecimentos técnicos e acompanhamento permanente do sistema, dependência de energia elétrica ou sistema alternativo e maior atenção com patógenos pela sua facilidade de disseminação.

O sistema hidropônico apresenta um alto custo inicial, porém o principal ponto negativo seria a exigência de conhecimento técnico efetivo, que varia com o aporte técnico do produtor e a cultura. Além disso, grande parte dos cultivos hidropônicos não obtêm êxito em razão da falta de conhecimentos dos aspectos nutricionais das hortaliças plantadas (MARTINEZ; SILVA FILHO, 2006).

#### 3.2.4.1 *Vantagem e Desvantagem Para o Consumidor*

No sistema hidropônico, as plantas não possuem contaminantes oriundos do solo, devido ao cultivo não ser realizado no solo. Nessas circunstâncias, as plantas são consideradas mais saudáveis, em virtude de atender as exigências das culturas e crescerem no ambiente controlado. Todo produto hidropônico é comercializado embalado, não entrando em contato direto com mãos, caixas e caminhões. Em razão do cultivo ser realizado em ambiente fechado, a proliferação de vetores é praticamente inexistente, diminuindo ou anulando a aplicação de defensivos agrícolas. E ainda, as hortaliças hidropônicas duram mais inseridas na geladeira. O único ponto negativo é o produto hidropônico possuir o preço razoavelmente acima do produto convencional (PORTAL SÃO FRANCISCO).

### 3.2.5 Hortaliças que podem ser produzidas no sistema hidropônico

Conforme o site *Instituto Agro*, as hortaliças que podem ser produzidas no sistema hidropônico são descritas no Quadro 1:

Quadro 1 - Hortaliças Produzidas no Sistema Hidropônico.

Hortaliças produzidas no Sistema Hidropônico	
✓ Agrião	✓ Pimentão
✓ Alface	✓ Repolho
✓ Arroz	✓ Rúcula
✓ Berinjela	✓ Salsa
✓ Brócolis	✓ Tomate
✓ Couve-flor	✓ Trigo
✓ Feijão-vagem	✓ Forrageiras para alimentação animal
✓ Melão	✓ Mudanças de árvores e plantas ornamentais
✓ Morango	
✓ Pepino	

Fonte: Instituto Agro (2020).

Sendo assim, a alface é considerada a hortaliça mais cultivada em sistemas hidropônicos do mundo.

### 3.2.5.1 A Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa na qual surgiu na Ásia Central, sendo pertencente à família Asteraceae. Em território brasileiro, chegou em meados do século XVI, por meio da colonização portuguesa (WHITAKER, 1974).

Para Borcioni (2008) a alface é fundamental na alimentação e saúde humana, destacando-se, essencialmente, como fonte de sais minerais e vitaminas, além da qualificação nutritiva, baixo custo, facilidade de aquisição e produção ao longo do ano.

Dentre as hortaliças folhosas, a alface é a mais consumida no país, incluindo os variados tipos, como americana, crespa, lisa e romana (ECHER et al.,2016). Segundo Silva et al. (2011), as regiões brasileiras que mais consomem a hortaliça são Sul e Sudeste.

Conforme os dados da Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudanças (ABCSEM), a cultura da alface movimenta no varejo, em média, um montante de 8 bilhões de reais com uma produção de mais de 1,5 milhão de toneladas por ano (ABCSEM, 2013).

Segundo o Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o número de estabelecimentos que produzem a alface no Brasil é de aproximadamente 670 mil produtores rurais por 86,6 hectares e um volume total de 575,5 toneladas por ano (IBGE, 2019).

No município de Londrina, a alface é a hortaliça mais produzida, havendo 96 produtores. Entre setembro de 2016 e setembro de 2017 foram produzidas 905 toneladas, o que equivale a cerca de 2,27 milhões pés de alface ou uma produção de 6220 pés de alface por dia (IBGE, 2017).

### 3.2.6 Sustentabilidade

O termo desenvolvimento sustentável surgiu a partir da relação de eco desenvolvimento, proposto ao longo da Primeira Conferência Das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em Estocolmo, na Suécia, em 1972 (DECICINO, 2008).

A definição de desenvolvimento sustentável, conforme a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as futuras gerações. Portanto, é o desenvolvimento que não promove a escassez dos recursos, tornando-os constantemente disponíveis.

Em 1991, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) apresentou duas principais ações para a implantação de tecnologias ecologicamente corretas:

- ✓ redução do consumo de matéria-prima, água e energia;
- ✓ redução das emissões de efluentes líquidos, sólidos e gasosos diretamente no meio-ambiente, até se chegar à poluição zero.

Dessa maneira a busca permanente por alternativas energéticas baseadas nos elementos de preservação da natureza, favoreceu o equilíbrio harmônico entre meio ambiente e homem. Para Becker et al. (2005), uma alternativa essencial é o contato direto com a natureza pelo cultivo de hortas.

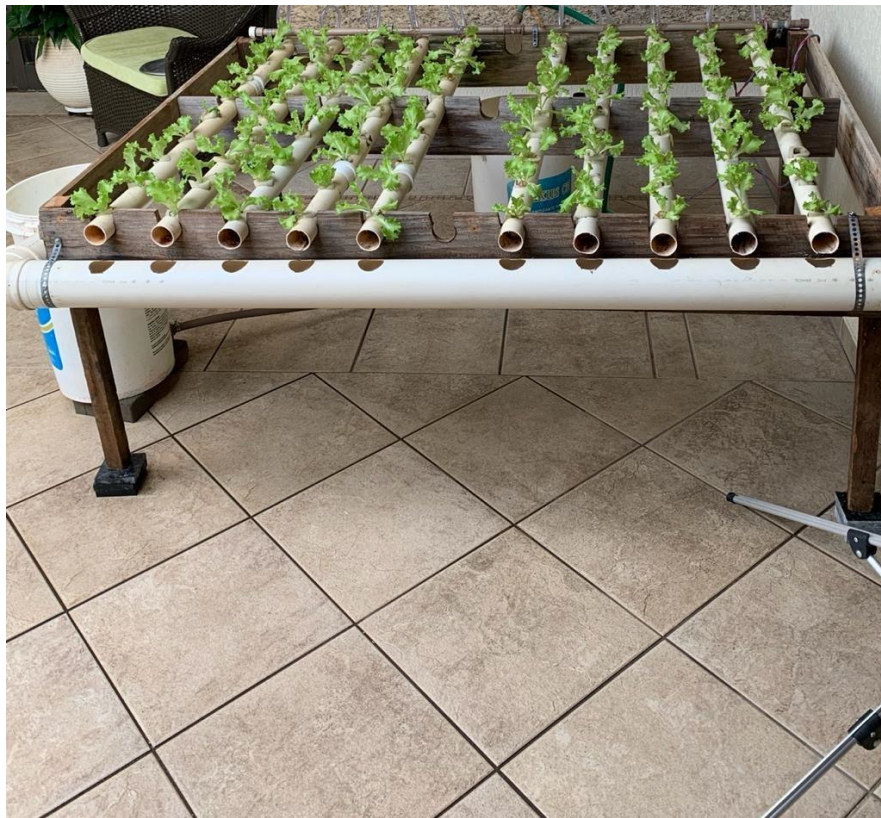
De acordo com Santana (2011), a utilização de uma excelente metodologia proporciona parâmetros na educação que incorporam o cultivo de hortaliças como ferramenta didática. Além disso, promove o englobamento e a contextualização da teoria aplicada em conjunto com a prática, na qual envolve a utilização correta de recursos e os princípios de sustentabilidade.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Local da Execução do Experimento

O sistema hidropônico foi conduzido em um residencial, localizado na cidade de Londrina – PR, com as coordenadas 23.2135° S, 51.0825° W. O tipo climático da cidade de Londrina é Subtropical Úmido Mesotérmico, pela classificação de Köppen e Geiger, com precipitação média anual de 1429 mm e uma temperatura média anual de 20,9°C.

Figura 3 - Local da condução do Sistema Hidropônico.



Fonte: Autoria Própria (2021).

#### 4.2 Materiais utilizados no Sistema Hidropônico

Os equipamentos que foram necessários para a implantação do sistema hidropônico NFT são:

Tabela 1 - Equipamentos para a construção do Sistema Hidropônico NFT.

MATERIAL	QUANTIDADE
Tábua Pínus 20 cm x 180cm	3 unidades
Tábua Pínus 20 cm x 160cm	2 unidades
Caibro Aparelhado 4,5cm x 5 cm x 1,5 m	4 unidades
Tubo 50mm Esgoto 1,5m	10 unidades
Tubo 100mm Esgoto 1,8m	1 unidade
Cano Marrom 20 mm PVC Soldável 1,8m	1 unidade
Registro de Esfera $\frac{3}{4}$	1 unidade
Registro de Esfera $\frac{1}{2}$	1 unidade
Joelho 90° Para Esgoto 100mm	2 unidades
Luva Simples Esgoto 50 mm	3 unidades
Luva $\frac{1}{2}$ " Marrom PVC Soldável	1 unidade
Tê 90° Marrom PVC Soldável 20 mm	1 unidade
Cap PVC para Esgoto 50mm	10 unidades
Cap Marrom PVC Soldável 20mm	2 unidades
Adaptador com Flange $\frac{3}{4}$	2 unidades
Balde de 50 L	2 unidades
<b>Mangueira <math>\frac{1}{2}</math> " Transparente Flexível 15 cm</b>	10 unidades
<b>Mangueira <math>\frac{3}{4}</math> " para Jardim 1,0m</b>	2 unidades
<b>Eletrobomba Lavadora GE 110 V</b>	1 unidade
<b>Abraçadeira de aço</b>	5 unidades
<b>Cola de cano PVC 75g</b>	2 unidades
<b>Prego 18x30</b>	60 unidades
<b>Temporizador Analógico Autovolt Mister</b>	1 unidade

Fonte: Dados de Pesquisa (2021).

### 4.3 Montagem do Sistema Hidropônico

O sistema hidropônico utilizado neste trabalho foi a Técnica do Fluxo Laminar de Nutrientes (NFT), elaborada por Cooper (1975). Essa técnica desenvolvida pressupõe que as raízes das culturas ficam suspensas num canal na qual ocorra o deslocamento da água em conjunto com os nutrientes minerais, havendo circulação intermitente.

O sistema hidropônico NFT foi composto basicamente de uma área de 5 m<sup>2</sup>, bancada com suportes e canais de cultivo, sistemas hidráulicos de alimentação e drenagem da solução e sistema elétrico que será composto por um "timer". A construção da hidroponia consistiu em inserir resíduos de construção civil, e posteriormente, foi completado com materiais faltantes necessários para o funcionamento da hidroponia.

A construção do sistema hidropônico desenvolveu-se em cinco etapas:

#### 4.3.1 Bancadas

Nos sistemas hidropônicos, as bancadas são formadas, principalmente, de madeiras, na qual desempenham a função de uma base de sustentação para os canais de cultivo. Normalmente, as dimensões das bancadas seguem certos padrões, que podem variar conforme o tipo de canal utilizado e a espécie vegetal. Sendo assim, a altura e a largura da bancada diferenciam em relação a:

- ✓ 1,0 m de altura e 2,0 m de largura para mudas e plantas de ciclo curto (hortaliças de folhas);
- ✓ 0,2 m de altura e 1,0 m de largura para plantas de ciclo longo (hortaliças de frutos).

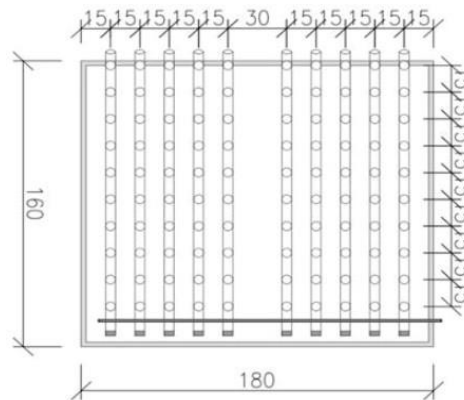
Além disso, a montagem da base é composta por um desnível variando entre 2 a 4%, com a finalidade de que ocorra o escoamento da solução por meio das raízes das plantas, por ação da gravidade.

Neste trabalho, a montagem da bancada hidropônica foi composta com o reaproveitamento de Tábuas Pinus e Caibro Aparelhado que irão formar a mesa do



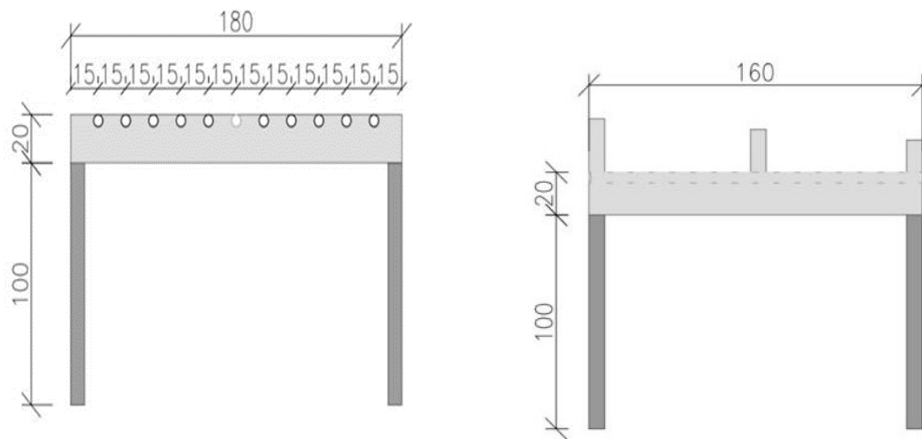
cultivo. Primeiramente, cortou quatro Caibros Aparelhado 1m para formar os pés da base de sustentação do sistema. Em seguida, cortou duas Tábuas Pinus 1,6 m e três Tábuas Pinus 1,8 m. Nas três Tábuas Pinus 1,8 m, com o auxílio da furadeira – serra copos 50 mm, recortou-se onze furos, com espaçamento de 15 cm. Posteriormente, foi pregado com parafusos todas as partes para formar a bancada. A área total da bancada correspondeu-se a 2,9 m<sup>2</sup>.

Figura 4 - Vista Superior do Projeto de Construção do Sistema Hidropônico.



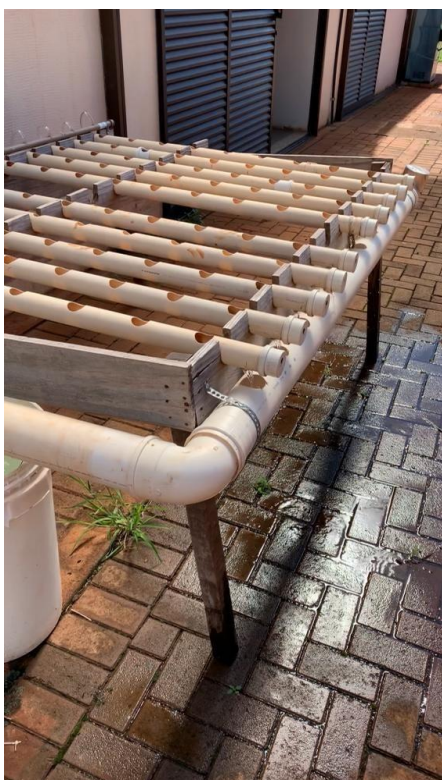
Fonte: AutoCad (2020).

Figura 5 - Vista Frontal e Lateral do Projeto de Construção do Sistema Hidropônico, respectivamente.



Fonte: AutoCad (2020).

Figura 6 - Etapas de Construção do Sistema Hidropônico.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 7 - Sistema Hidropônico Completo.



Fonte: Autoria Própria (2021).

#### 4.3.2 Calhas Hidropônicas

Os encanamentos utilizados no sistema hidropônico foram os Tubos PVC. Os mesmos serão reaproveitados de resíduos da construção civil em conjunto com encanamentos comprados em depósitos. Essa etapa será dividida em três fases:

##### *I. Suporte das Plantas*

Na primeira fase foi utilizado dez Tubos 50 mm Esgoto 1,5 m. Em cada tubo, cortou-se dez furos de espaçamento 15 cm, com o uso da furadeira – serra copos 50 mm. Logo depois, utilizando a mesma furadeira foi cortado 5 mm os extremos de cada tubo na entrada, e a supressão do tubo na saída.

## *II. Tubo de Entrada da Solução no Sistema*

Nesta fase, foi reaproveitado um Cano Marrom 20 mm PVC Soldável 1,8 m, contendo a função de entrada de água e nutrientes para as culturas do sistema. Esse cano é composto com 10 furos de 5 mm e espaçamento de 15cm, 2 Caps 20 mm nas extremidades, 1 Tê 90° Marrom 20 mm no meio e 10 Mangueiras Transparente Flexível 15 cm instaladas em conjunto com os Tubos de 50 mm Esgoto.

## *III. Tubo de Retorno da Coleta*

Na fase final, reutilizou-se um resíduo de Tubo 100 mm Esgoto 1,8m, com a finalidade de retorno da água e nutrientes para o reservatório. O tubo é formado com 10 furos de 50 mm e espaçamentos de 15 cm, 2 Joelhos 90° Esgoto 100 mm nas extremidades e 1 Tubo 100 mm esgoto 40 cm em uma das extremidades.

### *4.3.3 Reservatórios*

Segundo Furlani (1999), a relação entre volume do tanque e número de plantas nas bancadas são inversamente proporcionais com as variações nas concentrações e temperaturas da solução nutritiva.

Nos cultivos hidropônicos, recomenda-se a aplicação de um número maior de reservatórios pequenos, em razão da facilidade com a limpeza, manejo e controle fitossanitário, proporcionando o aumento qualitativo do produto final.

No presente trabalho, o reservatório hidropônico é formado por dois baldes de Plástico PVC 50 L. O primeiro reservatório desempenhou a função de filtração das impurezas oriundas de todo processo, já o segundo reservatório acondicionou a bomba e encaminhou a solução para toda a bancada. Ambos os reservatórios foram inseridos um Adaptador com Flange  $\frac{3}{4}$  e Mangueira  $\frac{3}{4}$  " para Jardim 1,0m, com a finalidade de conexão entre os mesmos. E ainda, o segundo reservatório também possui um Registro de Esfera  $\frac{3}{4}$  para conexão com o moto-bomba, e um Registro de Esfera  $\frac{1}{2}$  para a realização do retorno da solução.



Figura 8 - Construção dos Reservatórios Hidropônico.



Fonte: Autoria Própria (2021).

#### 4.3.4 Moto-Bomba

Segundo Teixeira (1996) o conjunto Moto-Bomba é conectado ao reservatório, com a função de recalque da solução nutritiva. Desse modo, a vazão ideal para o sistema hidropônico é de 1,5 – 2,0 L/min por canaleta de cultivo. A Moto-Bomba empregada no sistema hidropônico foi a Eletrobomba Lavadora GE 110 V (Figura 9).

Figura 9 - Eletrobomba Lavadora GE 110 V.



Fonte: Eletrofrigor (2020).

#### 4.3.5 Temporizador

O Temporizador é caracterizado pelo controle do tempo de circulação da solução nutritiva. Desse modo, o equipamento permite que o tempo de drenagem e irrigação ocorra conforme a programação desejada. Nos sistemas hidropônicos NFT, a circulação da solução nutritiva é descontínua, de modo que os períodos de funcionamento e de descanso se alternam, e também leva em consideração a cultura cultivada e a temperatura da região (JESUS FILHO, 2009).

O Regulador de tempo utilizado no sistema é o Temporizador Analógico Autovolt Mister (Figura 10). O aparelho foi programado por um tempo de 30 min de circulação da solução nutritiva e 1 hora de repouso nos períodos matutinos, vespertinos e noturno.

Figura 10 – Temporizador Analógico Autovolt Mister.



Fonte: Zanetti (2020).

#### 4.4 Hortalixa selecionada para o Sistema Hidropônico

A hortalixa folhosa selecionada para compor o sistema hidropônico NFT foi a Alface (*Lactuca sativa* L.). O cultivo da espécie ocorreu na estufa das Mudás Londrina, em torno de 30 dias (Figura 11). Posteriormente, ocorreu a transferência para os canais do sistema hidropônico.

Figura 11 - Cultivo da Alface nas estufas das Mudras Londrina.



Fonte: Autoria Própria (2021).

#### 4.5 Preparo da Solução Nutritiva

Conforme as recomendações de FURLANI et al., (1999), o preparo e manejo da solução nutritiva foram executados com o intuito de fornecer os nutrientes essenciais para todo ciclo da alface.

A formulação utilizada para o preparo da solução foram o YaraTerra “Kristalon” - Fertilizante Mineral Misto, YaraTerra “Calcilit” - Fertilizante Mineral Simples (Nitrato de Cálcio) e NutriPlant “Green Top Micros-Q” - Fertilizante Foliar Líquido. Conforme as Tabelas abaixo, são ilustrados separadamente as características de cada composto utilizado no preparo.



Tabela 2 - Fertilizante Mineral Misto (Yara Terra “Kristalon”).

<b>Nutrientes</b>	<b>Solubilidade em água (%)</b>
Nitrogênio (N)	6 %
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	12 %
Potássio (K <sub>2</sub> O)	35 %
Magnésio (Mg)	1,8 %
Enxofre (S)	8 %

Solubilidade em água (20°C): 290 g/L

Hortaliças Folhosas: 400 kg/ha

Maior relação soluto/solvente para aplicação: 203 g/L

Índice Salino: 96

Condutividade elétrica na maior relação soluto/solvente: 144 mS/cm

Fonte: YaraTerra (2021).

Tabela 3 - Fertilizante Mineral Simples – Nitrato de Cálcio (Yara Terra “Calcilit”).

<b>Nutrientes</b>	<b>Solubilidade em água (%)</b>
Nitrogênio (N)	15,5 %
Cálcio (Ca)	19 %

Solubilidade em água (20°C): 1200 g/L

Hortaliças Folhosas: 600 g/1000 L

Maior relação soluto/solvente para aplicação: 840 g/L

Índice Salino: 86

pH: 6,0

Condutividade elétrica na maior relação soluto/solvente: 130 mS/cm

Fonte: YaraTerra (2021).

Tabela 4 - Fertilizante Foliar Líquido (NutriPlant “Green Top Micros-Q”).

<b>Nutrientes</b>	<b>Solubilidade em água (%)</b>
Boro (B)	0,5 %
Cobre (Cu)	0,07 %
Ferro (Fe)	5 %
Manganês (Mn)	1 %
Molibdênio (Mo)	0,075 %
Zinco (Zn)	0,4 %

Densidade: 1,27 g/mL

Condutividade elétrica: 6,12 mS/cm

Maior relação soluto/solvente para aplicação: 30 mL/L

Índice Salino: 23,77

pH: 2,62

Fonte: Nutriplant (2021).

As recomendações indicadas na embalagem pelo fabricante, para o preparo da solução nutritiva consta em adicionar para 1000 litros de água, 1000 g do Composto YaraTerra “Kristalon”, e 1000 g do Composto YaraTerra “Calcilit”. E para o Composto NutriPlant “Green Top Micros-Q”, as recomendações foram 50 mL para 3000 litros de água.

Portanto, para a hidroponia oriunda do experimento, foi realizado a proporção para 50 litros de água, em que obteve 50 gramas de YaraTerra “Kristalon” e YaraTerra “Calcilit” (Figura 12) e 0,8 mL de NutriPlant “Green Top Micros-Q”.

No processo são utilizados: Balança Digital, Copos Plásticos, Colheres Plásticas e Seringa.

Figura 12 – Pesagem da Solução Nutritiva dos Compostos *YaraTerra “Kristalon”* e *YaraTerra “Calcilit”*



Fonte: Autoria Própria (2021).

## 4.6 Avaliação dos Parâmetros do Projeto

### 4.6.1 Vazão

O cálculo da vazão no sistema hidropônico foi realizado por meio de bateladas experimentais, ou seja, em cada tubo do sistema retirou-se a relação volume por tempo, afim de fornecer uma vazão constante para abastecer todo o sistema. Nos intervalos de cinco dias, realizou-se novos testes para verificar se todos os canais de cultivo estão em adequados padrões de funcionamento.

### 4.6.2 Condutividade elétrica e pH

O equipamento que foi analisado a condutividade elétrica da solução nutritiva foi o ConductoMeter CD – 860 e o pH foi o Medidor de pH de Bancada. Os parâmetros de pH e condutividade elétrica foram medidos diariamente.

Figura 13 - ConductoMeter CD – 860 e Medidor de pH de Bancada, respectivamente.



Fonte: Autoria Própria (2021).

#### 4.6.3 Peso fresco e úmido da hortalíça folhosa

Segundo AOAC (2000), os parâmetros avaliados são peso seco e massa de material fresco. A análise do peso fresco e úmido da hortalíça folhosa (com raiz) foi realizado após o término do plantio, através da balança analítica.

Inicialmente, separou-se quatro hortalíças de cada tubo (furos do meio) e pesou-se as folhas e o caule + raiz separadamente. E posteriormente, as mesmas culturas foram inseridas na estufa bacteriológica, em uma temperatura de 60°C por 48 horas. Logo depois, individualmente foi pesado as culturas secas. Dessa forma, repetiu-se em duplicata as bateladas.

Figura 14 - Separação das Quatro Hortaliças de Cada Tubo para Pesagem.



Fonte: Autoria Própria (2021).

#### 4.6.4 Análise Estatística

Conforme Ferreira (2011), a utilização do software SISVAR com o delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas, a qual a análise foi dividida em: Parcela: Cultivo 1 e Cultivo 2; Subparcela: Vazão 1 e Vazão 2; Blocos: Repetições em cada subparcela.

Para estas análises foram utilizadas como variáveis de resposta, Peso Úmido e Peso Seco de Raiz + Caule e Folhas. Durante todo o ciclo da avaliação, foram monitorados a condutividade elétrica e pH, além de calculada a vazão para cada uma das repetições, durante os dois cultivos.

Os dados foram transformados para atingir C.V. menores do que 10% pois segundo Gomes, (1985), citados por Gurgel, Ferreira e Soares, (2013) os coeficientes de variação abaixo deste valor são considerados adequados para experimentos. Ferreira (2011) define a necessidade de transformação dos dados quando os

coeficientes de variação estão acima de valores aceitáveis e indica a transformação pela raiz quadrada é adequada pois reduzem os coeficientes de variação.



## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise de Custos

A estrutura utilizada no sistema hidropônico foi adquirida pela compra de alguns materiais em conjunto com o reaproveitamento de resíduos da construção civil provenientes de obras na Universidade Federal do Paraná – Campus Londrina. portanto tendo um menor valor investido para aquisição do mesmo. A comparação do Sistema Hidropônico com e sem reaproveitamento, estão descritos na Tabela 5:

Tabela 5 - Comparação dos Custos sem/com reaproveitamento.

MATERIAL	QUANTIDADE	CUSTO SEM O	CUSTO COM O
		REAPROVEITAMENTO (R\$)	REAPROVEITAMENTO (R\$)
Tábua Pínus 20 cm x 180cm	3 unidades	R\$ 38,50	R\$ 12,83
Tábua Pínus 20 cm x 160cm	2 unidades	R\$ 23,00	---
Caibro 4,5cm x 5cm x 1,5m	4 unidades	R\$ 40,00	---
Tubo 50mm Esgoto 1,5m	10 unidades	R\$ 150,00	R\$ 45,00
Tubo 100mm Esgoto 1,8m	1 unidade	R\$ 22,00	---
Cano Marrom 20 mm 1,8m	1 unidade	R\$ 7,00	R\$ 7,00
Registro de Esfera $\frac{3}{4}$	1 unidade	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Registro de Esfera $\frac{1}{2}$	1 unidade	R\$ 8,00	R\$ 8,00
Joelho 90° Esgoto 100mm	2 unidades	R\$ 13,80	R\$ 6,90
Luva Simples Esgoto 50mm	3 unidades	R\$ 5,00	R\$ 5,00
Luva $\frac{1}{2}$ " Marrom PVC	1 unidade	R\$ 0,60	R\$ 0,60
Tê 90° Marrom PVC 20mm	1 unidade	R\$ 1,00	R\$ 1,00
Cap PVC para Esgoto 50mm	10 unidades	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Cap Marrom PVC 20mm	2 unidades	R\$ 2,00	R\$ 2,00
Adaptador com Flange $\frac{3}{4}$	2 unidades	R\$ 5,50	R\$ 5,50
Balde de 50L	2 unidades	R\$ 22,00	---
Mangueira $\frac{1}{2}$ " Flexível 15cm	10 unidades	R\$ 8,00	---
Mangueira $\frac{3}{4}$ " 1,0m	2 unidades	R\$ 2,10	---
Eletrobomba Lavadora 110V	1 unidade	R\$ 25,00	R\$ 25,00
Abraçadeira de aço	5 unidades	R\$ 7,50	R\$ 7,50
		<b>CUSTO SEM O</b>	<b>CUSTO COM O</b>

<b>MATERIAL</b>	<b>QUANTIDADE</b>	<b>REAPROVEITAMENTO (R\$)</b>	<b>REAPROVEITAMENTO (R\$)</b>
<b>Cola de cano PVC 75g</b>	1 unidade	R\$ 4,00	R\$ 4,00
<b>Prego 18x30</b>	60 unidades	R\$ 22,00	----
<b>Timer Analógico</b>	1 unidade	R\$ 65,00	R\$ 65,00
<b>VALOR TOTAL</b>		<b>R\$ 453,50</b>	<b>R\$ 215,33</b>

Fonte: Dados de Pesquisa (2021).

Observa-se na Tabela 5 que houve uma diferença no valor R\$ 238,17 dos custos com o reaproveitamento quando comparado com o sistema comum, totalizando uma redução de 47,5%.

## 5.2 Vazão

A Tabela 6 apresenta os resultados encontrados pela relação volume-tempo por meio de análises experimentais, separadas por vazão 1 e vazão 2 referentes aos dois cultivos.

Tabela 6 - Médias e Desvios Padrão da Vazão nos dois cultivos propostos.

<b>CULTIVOS</b>	<b>VAZÃO 1 (L.min<sup>-1</sup>)</b>	<b>C.V. (%)</b>	<b>VAZÃO 2 (L.min<sup>-1</sup>)</b>	<b>C.V. (%)</b>
CULTIVO 1	1,59 ± 0,06	3,77	1,72 ± 0,03	1,45
CULTIVO 2	1,54 ± 0,04	2,51	1,72 ± 0,02	1,27

Fonte: Autoria Própria (2021).

Segundo Furlani (1999), para cultivos de ciclos curtos, como por exemplo a alface, a vazão da solução ideal é em torno de 1,5 a 2,0 L.min<sup>-1</sup>. Dessa maneira, os resultados referentes aos dois cultivos obtiveram os valores de vazão 1 e vazão 2 dentro da variação estabelecida, em que pela análise de variância, todos apresentaram um coeficiente de variação abaixo de 10%.

## 5.3 Condutividade elétrica e o pH

Com o intuito de manter o meio favorável ao desenvolvimento da alface crespa neste sistema, fez-se o monitoramento diário do pH e condutividade elétrica nas duas



bateladas, através do qual foi possível determinar a necessidade da adição de sais para ajustar o pH e a condutividade elétrica, conforme proposto por Martinez (2002).

Os valores médios e os desvios padrão de cada cultivo do pH e condutividade elétrica estão descritos na Tabela 7.

**Tabela 7 – Dados Médios de pH e Condutividade elétrica dos dois cultivos.**

CULTIVOS	pH	C.V. (%)	C.E. (mS.cm <sup>-1</sup> )	C.V. (%)
CULTIVO 1	7,04 ± 0,38	5,36	0,82 ± 0,21	24,26
CULTIVO 2	6,92 ± 0,21	3,09	0,86 ± 0,21	24,64

Fonte: Autoria Própria (2021).

A condutividade elétrica média dos dois cultivos (Tabela 7) foram abaixo do recomendado para o cultivo da alface em sistemas hidropônicos. Estes valores se encontram abaixo de 1,5 dS m<sup>-1</sup> e 2,0 dS m<sup>-1</sup>, recomendado por Resh (1997). Também, os coeficientes de variação ficaram acima de 10%. Portanto, essas alterações ocorreram pelo fato de o controle ser de modo manual, e para que a condutividade elétrica ficasse dentro dos parâmetros considerados ideais, seria necessário a automação do sistema de controle.

O valor de pH oscilou nos dois cultivos, porém, é esperada essa variação, em razão da incapacidade tampão da solução nutritiva (BACKES et al., 2004). Os valores médios apresentados estão no limite da faixa considerada ideal para absorção dos nutrientes, porém mesmo nessas condições não observou sintomas visuais de déficit de nutrientes.

Tsuneda et al., (2020) em trabalhos diários sobre reposição de nutrientes de solução nutritiva semelhante utilizada nos dois cultivos, afirma que a variação ideal de pH para alfaces hidropônicas é na faixa de 6,0 a 7,2. Apesar das variações apresentadas, não houve nenhum dano para a cultura, uma vez que ficaram dentro da faixa considerada aceitável.

De acordo com Pereira et al. (2011), o valor abaixo do recomendado proporciona uma queda na pressão osmótica e uma maior absorção da cultura, porém apresenta um menor ganho de peso, pelo fato da quantidade de nutrientes ofertados se tornarem inadequadas para a exigência da hortaliça.

Para Castellane & Araújo (1995), os valores acima de pH podem produzir precipitações na solução indisponibilizando elementos essenciais da solução, principalmente, cálcio, fósforo, ferro e mangânes, proporcionando um crescimento reduzido da cultura.

#### 5.4 Massa Fresca e Seca

As Figuras 15, 16 e 17 abordam os resultados obtidos após a realização dos dois cultivos, a qual foi realizado a separação do caule + raiz e folha, a pesagem da cultura fresca, e posteriormente, após 48 horas na estufa bacteriológica, a pesagem da cultura seca.

Figura 15 - Separação da Folha e Caule + Raiz.



Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 16 - Pesagem da Cultura Fresca (Raiz + Caule e Folha).



Fonte: Autoria Própria (2021).

Figura 17 - Pesagem da Cultura Seca (Raiz + Caule e Folha).



Fonte: Autoria Própria (2021).

Conforme as Tabelas 8 e 9, o Teste de Tukey a 5% da probabilidade foi aplicado na média da Raiz + Caule Fresco e Seco das amostras de alface dos dois cultivos propostos.

Tabela 8 - Valores Médios de Raiz + Caule Fresco e Seco das amostras de alfaces dos dois cultivos.

CULTIVO	VAZÃO	RAIZ + CAULE (FRESCO)				RAIZ + CAULE (SECO)			
		MÉDIA (g planta <sup>-1</sup> )	C.V.	TOTAL (g planta <sup>-1</sup> )	C.V.	MÉDIA (g planta <sup>-1</sup> )	C.V.	TOTAL (g planta <sup>-1</sup> )	C.V.
CULTIVO 1	V1	2,93 ± 0,17 A	5,87	2,91 ± 0,20 a	6,81	1,50 ± 0,06 A	4,17	1,49 ± 0,07 a	4,85
	V2	2,89 ± 0,22 A	7,76			1,49 ± 0,08 A	5,54		
CULTIVO 2	V1	2,76 ± 0,22 A	8,01	2,73 ± 0,24 b	8,91	1,44 ± 0,11 A	7,59	1,45 ± 0,10 a	6,90
	V2	2,69 ± 0,26 A	9,82			1,45 ± 0,09 A	6,21		

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Konoff a 5% de probabilidade e o desvio padrão foi calculado a partir das médias dos resultados de cada parcela e subparcela. Letras minúsculas diferentes significam diferenças estatísticas entre os cultivos.

Tabela 9 – Valores Médios da Folha Fresco e Seco das amostras de alfaces dos dois cultivos.

CULTIVO	VAZÃO	FOLHA (FRESCO)				FOLHA (SECO)			
		MÉDIA (g planta <sup>-1</sup> )	C.V.	TOTAL (g planta <sup>-1</sup> )	C.V.	MÉDIA (g planta <sup>-1</sup> )	C.V.	TOTAL (g planta <sup>-1</sup> )	C.V.
CULTIVO 1	V1	2,30 ± 0,23 A	10,1	2,25 ± 0,26 a	11,8	0,89 ± 0,04 A	4,66	0,88 ± 0,04 a	4,93
	V2	2,21 ± 0,30 A	13,5			0,89 ± 0,05 A	5,20		
CULTIVO 2	V1	2,46 ± 0,26 A	10,7	2,41 ± 0,29 b	12,2	0,91 ± 0,05 A	4,77	0,91 ± 0,04 a	4,33
	V2	2,37 ± 0,33 A	13,8			0,91 ± 0,04 A	3,89		

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Konoff a 5% de probabilidade e o desvio padrão foi calculado a partir das médias dos resultados de cada parcela e subparcela. Letras minúsculas diferentes significam diferenças estatísticas entre os cultivos.

Observando os resultados de análise de variância (Tabela 8 e 9), verificou-se que, para a variável massa fresca da raiz + caule e folha, houveram diferenças estatística entre os cultivos analisados. Porém, comparando com os cultivos da massa seca da raiz + caule e folha notaram-se que não houve diferença na variância e os valores de ambos foram próximos.

Comparando os dados das Tabelas, verificou-se que a massa fresca da folha nos dois cultivos foram as características que obtiveram maior variabilidade, em relação ao desvio padrão pela média.

## 6. CONCLUSÃO

A hidroponia está se tornando um favorável meio de renda para grandes produtores, mas também para a agricultura familiar, pelo fato de produzir em áreas pequenas uma quantidade significativa de hortaliças. Outro fator importante é a qualidade do produto, pois representa um diferencial às hortaliças produzidas em meio convencional.

Neste trabalho foi avaliado o sistema hidropônico, tendo como objetivos, os parâmetros fundamentais e a sua viabilidade econômico-financeira com o reaproveitamento de materiais disponíveis na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Londrina.

Notou-se nesse trabalho que o reaproveitamento de resíduos da construção civil para a construção do sistema, foram fundamentais para uma diminuição no valor de R\$ 238,17 dos custos, totalizando uma redução de 47,5%.

Com os resultados obtidos no estudo, verificou-se que a implantação do sistema hidropônico da cultura alface crespa acarretou boas perspectivas com relação aos parâmetros analisados, em relação a vazão e pH. Porém, os valores da corrente elétrica houveram alterações, em razão da realização manual monitoramento, e para que a mesma se mantenha em conformidade, é necessário a automação do sistema de controle.

Um dos indícios fundamentais para definir o projeto estudado, foi a análise estatística, com o objetivo de verificar se houve uniformidade no sistema. Desse modo, conclui-se que o sistema hidropônico apresentou resultados satisfatórios para os parâmetros analisados, como a massa seca da raiz + caule e folha da cultura alface nos dois cultivos, porém obteve alteração na matéria verde analisada.

## 7. REFERÊNCIAS

- AGROAMBIENTE. **Aquaponia fisgando peixes e plantas**. Salto: [200-?]. Disponível em: < [http://agroambiente.com.br/?option=com\\_content&view=article&id=108](http://agroambiente.com.br/?option=com_content&view=article&id=108):> Acesso em: 20. abril.2020.
- ALBERONI, R. B. Hidroponia: **Como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo** – alface, rabanete, rúcula, almeirão, chicória, agrião. São Paulo: Nobel, 102p (1998).
- ALBERONI, Robson de Barros. **Hidroponia**: como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo. 1. Ed. São Paulo: Nobel, 2004.
- ANDRIOLO, J. L. **Olericultura geral. Santa Maria**: Ed. da UFSM, 2002. 158 p.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 16 ed. Arlington, 1137 p., 2000.
- BECKER, G. S. et al. The Quantity and Quality of Life and the Evolution of World Inequality. **American Economic Review**, v.95, 2005.
- BLISKA JUNIOR, A.; HONÓRIO, S.L. **Cartilha tecnológica de hidroponia**. Campinas: Unicamp, 1996.
- BORCIONI, E. **Equações de estimativa do crescimento do sistema radicular e produção de fitomassa de alface hidropônica**. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais - Universidade Federal de Santa Maria. 72p.,2008.
- BRAGA, Gastão Ney Monte. **Hidroponia**. [S.l.]: jun. 2009. Disponível em: <<https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2009/06/hidroponia.html>>. Acesso em: 13 abril. 2020.



BRAUN, Graciele de Fátima; BEDENDO, Natiéli Cristina; COLTRO, Solange Andréia. **Viabilidade econômica para implantação da atividade de hidroponia no cultivo de hortaliças**. 2008. 167 f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Curso de Administração com Habilitação Exterior. Faculdade de Ensino Superior de São Miguel do Iguaçu, São Miguel do Iguaçu, 2008.

BRITO NETO, A. J. B et al. **Monitoramento de um Cultivo Hidropônico através de um Circuito de Automação e Controle**. Ciências exatas e tecnológicas. Maceió. v. 3. n.1. p. 105-116. Novembro 2015.

CARMELLO, Quirino A.C.; ROSSI, Fabrício; FERREIRA, Rozimar Gomes da S.; FERREIA, Danielle Gomes da S. **Hidroponia – solução nutritiva**. Viçosa-MG: CPT, 2009.

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A. **Cultivo sem solo - hidroponia**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 1995

CMMAD - Comissão Mundial sobre o meio ambiente e desenvolvimento, **Nosso Futuro Comum**, 2ª ed., Rio de Janeiro: FGV, 1991.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988

COSTA, P.C. et al. **Condutividade elétrica da solução da solução nutritiva e produção de alface em hidroponia**. Sci. Agric., Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 595-597, 2001.

DECICINO, Ronaldo. **Desenvolvimento sustentável: Como surgiu esse conceito?**. 1º. 2008. Disponível em: <<https://educação.uol.br/geografia/desenvolvimento-sustentavel-2-como-surgiu-esse-conceito.htm>>. Acesso em: 06 abril .2020.

ECHER, R.; LOVATTO, P. B.; TRECHA, C. O.; SCHIEDECK, G. Alface à mesa: implicações socioeconômicas e ambientais da semente ao prato. **Revista Thema**, v. 13, n. 3, 2016.

FAQUIM V.; FURLANI P. R.1999. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC. 52p. (Boletim técnico, 180).

FAO, Fao statistical yearbook 2013 world food and agriculture. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, Rome. 307, 2013.

FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação / INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Perfil da agricultura familiar no Brasil**: dossiê estatístico. Projeto UTF/BRA/036, 1996.

FIESP-ITAL. Brasil Food Trends 2020. **Consumo de Alimentos**; Disponível em: < <https://alimentosprocessados.com.br/arquivos/Consumo-tendencias-e-inovacoes/Brasil-Food-Trends-2020.pdf> > Acesso em: 01 abril.2020.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO-FIESP; INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS -ITAL. BRASIL Food Trends 2020. São Paulo, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATIONS – FAO. World agriculture: towards 2030/250. Rome: FAO, 2006. Disponível em: <[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/esag/docs/Interim\\_report\\_AT2050web.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/esag/docs/Interim_report_AT2050web.pdf)>. Acesso em: 02.abril.2020.

FURLANI, Pedro Roberto; SILVEIRA, Luis Claudio Paterno; BOLONHEZI, Denizart; FAQUIN, Valdemar. **Cultivo hidropônico de plantas: Parte 2 – Solução Nutritiva**. 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <



[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_1/hidroponiap1/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_1/hidroponiap1/index.htm)>. Acesso em:15. abril. 2020.

HELBEL JÚNIOR, C. **Produção de alface hidropônico em função da composição da solução nutritiva e vazões**. 2004. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR, 2004.

JESUS FILHO, Jose Damião de. **Hidroponia - cultivo sem solo**. Viçosa-MG: CPT, 2009.

MARTINEZ, H.E.P. **Formulação de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos comerciais**. Jaboticabal: Funep, 1997.

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

MORAES, C. A. G. de. **Hidroponia – Como cultivar tomates em sistemas NFT (Técnica do Fluxo de Nutrientes)**. 1. Ed. Jundiaí: DISQ Editora, 1997.

NETO, E. B.; BARRETO, L. P. **As técnicas de Hidroponia**. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, Recife, vols. 8 e 9, p.107- 137, 2011/2012.

NÚCLEO BRASILEIRO HIDROPONIA INTEGRADA. Disponível em: <<http://hydroponia.com.br/>>. Acesso em: 10 abril. 2020.

OHSE, Silvana et al. Qualidade de cultivares de alface produzidos em hidroponia. **Scientia Agricola**. Piracicaba, v.58, n,1, p.181-185, 2001.

OLIVEIRA, J. B.; SILVA, M. A.; BATISTA, K. S.; SILVA, J. B. R.; BARBOSA, V. S. Fixação de nutrientes em compostos de biofertilizante, após armazenamento em modelo de biodigestor caseiro. **Revista Cadernos de Agroecologia**, v.8, n.2, 2013.

ONU, United nations, department of economic and social affairs The United Nations, Population Division, Population Estimates and Projections Section, 2012.

PAGE, C. **Innovation in gourmet and specialty food and drinks**. UK: Business Insights, 2006.

PEREIRA, A. K. S. **Época de aplicação e doses de nitrato de cálcio em alface americana**. Ipameri. UEG, 2015. 33p. Dissertação Mestrado.

PILAU, F. G.; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; BIANCHI, C.; CARON, B. O.; BONNECARRÈRE, R. Influência do intervalo entre irrigações na produção e nas variáveis fisiológicas da alface hidropônica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n.2, p. 237-244, 2002.

PORTAL SÃO FRANCISCO. Hidroponia. Disponível em: <<https://.portalsaofrancisco.com.br/biologia/hidroponia>>. Acesso em: 08 abril. 2020.

REGO, R.A.; MADI, L.F.C. Fatores que influenciam o mercado de bens de consumo. In: SARANTÓPOULOS, C.I.G.L; REGO, R.A. (Ed.). **Brasil Pack Trends 2020**. Campinas: ITAL, 2012.

RODRIGUES, L.R.F. **Técnicas de cultivo hidropônico e de controle ambiental no manejo de pragas, doenças e nutrição vegetal em ambiente protegido**. Jaboticabal: Funep/Unesp, 2002.

RURAL NEWS. **Estufas - produção agrícola em ambientes controlados**. Disponível em: < <https://www.ruralnews.com.br/visualiza.php?id=202>> Acesso em: 12. abril. 2020.

SANTANA, S. L.C. Utilização e Gestão de Laboratórios Escolares. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: **Química da Vida e Saúde**. Universidade Federal de Santa Maria. 2011.

SANTOS, O.S. **Conceito, histórico e vantagens da hidroponia**. In: Santos, O. Hidroponia da alface. Santa Maria. UFSM. 2000. pp.5–9.

SILVA, Eduardo Teixeira da; SCHWONKA, Fabiano. **Viabilidade econômica para a produção de alface no sistema hidropônico em colombo, região metropolitana de curitiba, pr**. Curitiba, 2001.

SILVA, E. M. N. C. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; TAVELLA, L. B.; SOLINO, A. J. S. Qualidade de alface crespa cultivada em sistema orgânico, convencional e hidropônico. **Revista Horticultura Brasileira**, v. 29, n.2, p.242-245, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2019**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 05 abril. 2020.

SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W. **Hidroponia: Uma Técnica Alternativa de Cultivo**. Texto disponível em: <[http://www.epamig.br/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=16](http://www.epamig.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=16)>. Acesso em: 09 abril. 2020

SOARES, I. **Alface: cultivo hidropônico**. Fortaleza: Editora UFC, 2002.

SOUZA, J. A. R; MOREIRA, D. A.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. Avaliação de Frutos de Tomate de Mesa Produzidos com Efluente do Tratamento Primário da Água Residuária da Suinocultura. REVENG, **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 198-207, 2010.

SIQUEIRA, Taís Thomas *et al.* **Uma arquitetura para um sistema de controle adaptativo para cultivo hidropônico**. Salão do conhecimento: ciência, tecnologia e

desenvolvimento social. 2014. Disponível  
<<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/salaoconhecimento/article/viewFile/3413/2817>> Acesso em: 08 abril.2020.

SCHUCK, M.R.; PAULA, V.A. de; DUARTE, G.B.; MENDEZ, M.E.G.; DUARTE, L.; BECKMANN, M. Z. **Avaliação da temperatura e umidade relativa do ar no meio interno e externo do ambiente protegido para dias típicos.** S.d.

TEIXEIRA, S. **Tomate hidropônico:** aprenda a preparar a solução nutritiva. <[www.cpt.com.br](http://www.cpt.com.br)> Acesso: 16. abril. 2020.

VERDONCK, O. et al. The influence of the substrate to plant growth. **Acta Horticulturae.**, Wageningen, v. 126, p. 251-258, 1981.

WHITAKER, T. W. **Lettuce:** evolution of weedy cinderella. HortScience, St. Joseph, v. 9, p. 512-514, 1974.

YAN, F.; SCHUBERT, S. & MENGEL, K. Effect of low root medium pH on net proton release, root respiration and root growth of corn (zea mays L.) and broad bean (Vicia faba L.). **Plant Physiology**, Minneapolis, v.99, p.415-421, 1992.

YARATERRA, **FERTILIZANTE CRISTALON LARANJA.** Disponível em: <<https://www.agropecuariariobranco.com.br/produtos/fertilizante-kristalon-laranja-06-12-36-yara-25-kg/>>.Acesso em: 20. abril.2021.

ZIESLIN, N. Effect of pH in the root environment on leakage from plant roots. **Acta Horticulturae.**, Wageningen, v.361, p.282-289. 1994.

