

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

LUCAS SILVA YIDA

FAZENDA URBANA VERTICAL INDOOR

FORTALEZA

2021

LUCAS SILVA YIDA

FAZENDA URBANA VERTICAL INDOOR

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do
Departamento de Engenharia Agrícola, como requisito parcial
à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Carlos Alberto Viliotti

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Y1f Yida, Lucas Silva.
Fazenda Urbana Vertical Indoor / Lucas Silva Yida. – 2021.
30 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Carlos Alberto Viliotti.

I. Fazenda Urbana Vertical Indoor. I. Título.

CDD 630

LUCAS SILVA YIDA

FAZENDA URBANA VERTICAL INDOOR

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do
Departamento de Engenharia Agrícola, como requisito parcial
à obtenção do título de Engenheira Agrônoma.
Área de concentração: Engenharia Agrícola.

Aprovado em: 01/04/2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Alberto Viliotti

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Patrini Barreto Feitosa

Universidade Federal de Lavras (UFLA)

À minha família, amigos e professores.

Agradecimentos

Aos meus pais, Irene Alves e Oscar Minoru e a minha irmã, Aline Yida, por me ajudar, incentivar e aconselhar.

Aos meus amigos Patrini B. Feitosa e Lucas Martins, por tudo que vocês representam. Obrigada aos demais amigos, que se fizeram muitos ao longo dessa trajetória, gratidão a todos vocês.

A todos os meus professores da graduação, em especial ao Prof. Carlos Alberto Viliotti.

A todos que fizeram parte dessa história, meu muito obrigado!

Nós teríamos uma possibilidade mais favorável de sobrevivência, se nos acomodássemos a este planeta, e se o contemplássemos com um sentido de apreço e de reconhecimento, ao invés de o fazer céptica e ditatorialmente.

E. B. WHITE

RESUMO

Fazenda urbana vertical indoor é um sistema de cultivo que adota tecnologias atuais com objetivo de produzir um alimento orgânico, com qualidades paliativas superiores, através de uma produção totalmente monitorada e precisa. O alimento chega de forma direta para o destinatário sem as necessidades de grandes jornadas de transporte, o que torna o produto mais fresco e evita perdas de transporte e manuseio. Por se encontrar em áreas urbanas, estas fazendas agregam no sistema rotativo de capital da cidade, através da promoção de empregos e o comércio da produção. Este trabalho irá apresentar todas as tecnologias e técnicas aplicadas nesse conceito. Exemplos práticos serão apresentados dentre modelos internacionais e nacional. Um levantamento breve de dados sobre gastos com merenda escolar será apresentado como forma de incentivo para investimento do Estado. Através de observações de mercado levantados por artigos de revistas e trabalhos científicos sobre o assunto. Como conclusão foi observado que há viabilidade de mercado sendo está de iniciativa privada e/ou de poder do Estado.

Palavras-chave: Fazenda urbana vertical urbana indoor, alimento orgânico, áreas urbanas e merenda escolar.

ABSTRACT

Vertical urban farm indoor is a cultivation system that adopts current technologies in order to produce an organic food, with superior palliative qualities, through a fully monitored and precise production. The food arrives directly to the recipient without the need for long transportation journeys, which makes the product fresher and avoids losses in transportation and handling. Because they are located in urban areas, these farms add to the rotating system of the city's capital, through the promotion of jobs and the production trade. This work will present all the technologies and techniques applied in this concept. Practical examples serve international models and international models. A brief survey of data on school meal expenses will be presented as a form of incentive for State investment. Through market research raised by magazine articles and scientific papers on the subject. As a conclusion, it was observed that there is market viability, which is private initiative and / or State power.

Keywords: Vertical urban urban farm indoor, organic food, urban areas and school lunches.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES:

Figura 1: Fazenda Vertical.....	14
Figura 2: Fazenda Vertical.....	14
Figura 3: Cultivo Indoor.....	15
Figura 4: Cultivo Indoor.....	15
Figura 5: Curva da resposta da luz fotossintética.....	16
Figura 6: Lâmpada Incandescente.....	16
Figura 7: Lâmpadas fluorescentes.....	17
Figura 8: Lâmpadas de vapor de alta pressão.....	17
Figura 8: Lâmpada de LED.....	18
Figura 9: Painél de LED.....	18
Figura 10: Fazenda Vertical.....	19
Figura 11: Maior fazenda vertical no subsolo. Nordic Harvest na Dinamarca.....	19
Figura 12: Gerador de CO ₂	20
Figura 13: Cilindro de CO ₂ comprimido.....	20
Figura 14: Sistema NFT.....	22
Figura 15: Perfil para sistema NFT.....	22
Figura 16: Tubos de PFC como perfil.....	23
Figura 17: Cultivo de alface, sistema DFT.....	23
Figura 17: Placa de Polietileno.....	24
Figura 18: Sistema de cultivo hidropônico fechado de morango, em substrato de fibra de coco.....	24
Figura 19: Esquema ilustrativo do sistema de irrigação por subirrigação. Adaptado de Ferreira Filho et al. (2011).	25
Figura 20: Sistema de Pavio.....	26
Figura 21: Sistema de Aquaponia.....	26
Figura 22: Sistema de Aquaponia caseiro.....	27
Figura 23: Aquaponia atrelado ao paisagismo.....	27
Figura 24: Sistema Aeropônico.....	27
Figura 25: Sistema Aeropônico no cultivo de batata.....	28
Figura 26: Multi-parâmetro.....	28
Figura 28: Fazenda Urbana Vertical Indoor Bowery Farms.....	30
Figura 29: Fazenda Urbana Vertical Indoor Plenty Farm.....	30
Figura 30: Fazenda Urbana Vertical Indoor Pink Farm.....	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AgTechs – Startups volta a tecnologia no setor agrícola

CO₂ – Gás carbono

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura

FR – Vermelho distante

LED - Diodo emissor de luz

ONU – Organização das Nações Unidas

PAR - Faixa de espectral utilizada pelos vegetais para a realização da fotossíntese

PNAE - Programa Nacional de Alimentação Escolar

SUMÁRIO:

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivo Geral.....	13
1.2	Objetivos Específicos	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1	Fazenda Vertical	13
2.2	Cultivo Indoor.....	14
2.3	Iluminação	15
2.4	Temperatura	18
2.5	Concentração de CO ₂	19
2.6	Hidroponia	20
2.7	Solução nutritiva	28
2.8	Controle fitossanitário.....	29
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1	Iniciativa Privada	29
3.2	Iniciativa Municipal.....	31
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que até o ano de 2050, a população mundial chegará aos 9 bilhões e dois terços dessa população residirá nos centros urbanos, principalmente nos países em desenvolvimento, devido às altas taxas de natalidade e à imigração da população das áreas rurais para áreas urbanas em busca de empregos, segurança e alimento (ONU-HABITAT, 2006).

A Food and Agriculture Organization - FAO projeta que para esta demanda a produção de alimentos deve aumentar em pelo menos 60%, sendo que, atualmente, cerca de 80% das terras adequadas para a produção já estão sendo utilizadas.

Em contrapartida, para que essa área seja expandida seria necessário um avanço da agricultura para áreas preservadas, o que não seria uma solução. Além do impacto ambiental, esse avanço aumentaria o distanciamento do produto ao comprador final, tornando o preço ainda maior, devido ao transporte e suas perdas que chegam até 30% (FAO). Ainda assim, não é seguro afirmar que essas áreas iriam produzir o desejado visto que parte dos alimentos são desperdiçados (segundo relatório divulgado pela FAO, cerca de um bilhão de toneladas de alimentos produzidos no mundo são desperdiçados a cada ano), incluindo nos processos de plantio, colheita e transporte, além do manuseio. O sistema convencional de agricultura consome setenta por cento da água do planeta, ao passo que não é capaz de firmar um índice de eficácia no tocante a produção, ao contrário da técnica da aeroponia ou hidroponia que, ao invés de consumir 70 % setenta por cento de água, consome apenas seis por cento com eficácia de cem por cento na produção (DESPOMMIER-2010).

Diante dessas perspectivas, a fazenda urbana aparece como uma alternativa, trazendo: benefícios ecológicos com a vinda de fazendas para o meio urbano, sem a necessidade do aumento de fronteiras agrícolas para áreas de preservação; diminuição de gastos e desperdícios com o transporte, já que a produção poderá ser vendida até mesmo na mesma cidade onde ocorre a produção; benefício para cidade que aumentará o número de empregos; bons produtos orgânicos e frescos com um preço acessível para o comprador; uma eficácia melhor no uso de recursos naturais, tornando-o uma forma de se obter alimento mais sustentável.

1.1 Objetivo Geral

Apresentar uma forma de cultivo que permita a prática da agricultura em meio urbano, favorecendo a alimentação saudável e com menor impacto na natureza. Atribuindo artigos de revistas e pesquisas de empresas já atuantes nesse mercado, como demonstração de viabilidade do mercado a nível nacional, podendo ser realizado por iniciativas privada ou municipal.

1.2 Objetivos Específicos

- Apresentar todos os elementos contidos em uma fazenda urbana vertical indoor;
- Apresentar fazendas urbana vertical indoor de nível internacional e nacional;
- Apresentar fatores que tornem o projeto viável ao investimento e uma alternativa de produção de alimentos que difere em vários âmbitos à convencional.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fazenda Vertical

O conceito de fazenda vertical teve sua primeira citação pelo norte-americano Dickson Despommier, professor de microbiologia e saúde pública da Columbia University, em Nova York, em 1999. O termo tornou-se popular em 2011 quando o doutor lançou o livro: *“The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century”*.

A fazenda vertical tem como principal vantagem o uso de espaço, podendo ter uma produção cem vezes maior que uma produção convencional (Geraldo Maia et al., 2021). O ambiente de produção é extremamente higienizado e livre de qualquer ação de pragas e doenças, comuns em produções agrícolas em ambientes abertos ou semiabertos como os cultivos em estufas. Trata-se de um sistema limpo, com menor impacto possível e com melhor aproveitamento de recursos naturais (Luana Dalmolin et al., 2019).

Figura 1: Fazenda Vertical.



Fonte: AeroFarm.

Figura 2: Fazenda Vertical.



Fonte: Sky Greens Farms.

2.2 Cultivo Indoor

O cultivo indoor tem como princípio a capacidade de adaptação às mudanças climáticas, às condições meteorológicas extremas, como secas e inundações, assim como ao aumento da produtividade e redução de recursos naturais, sendo a mais significativa o consumo d'água (Despommier et al., 2010), graças a um cultivo em lugar fechado e com total controle dos fatores abióticos, como: água, luz, umidade do ar, temperatura, nível nutricional e taxa de CO₂.

Realizado em pequenas estufas, o cultivo indoor é usado apenas de forma doméstica, sem fins lucrativos. Porém, o conceito "indoor" (cultivo em ambiente fechado), é empregado em outras tecnologias, como na fazenda urbana vertical indoor, que apresenta esse conceito em maior escala e com fins lucrativos.

Figura 3: Cultivo Indoor.



Fonte: RvOrchidworks.

Figura 4: Cultivo Indoor.



Fonte: LeroyMerlin.

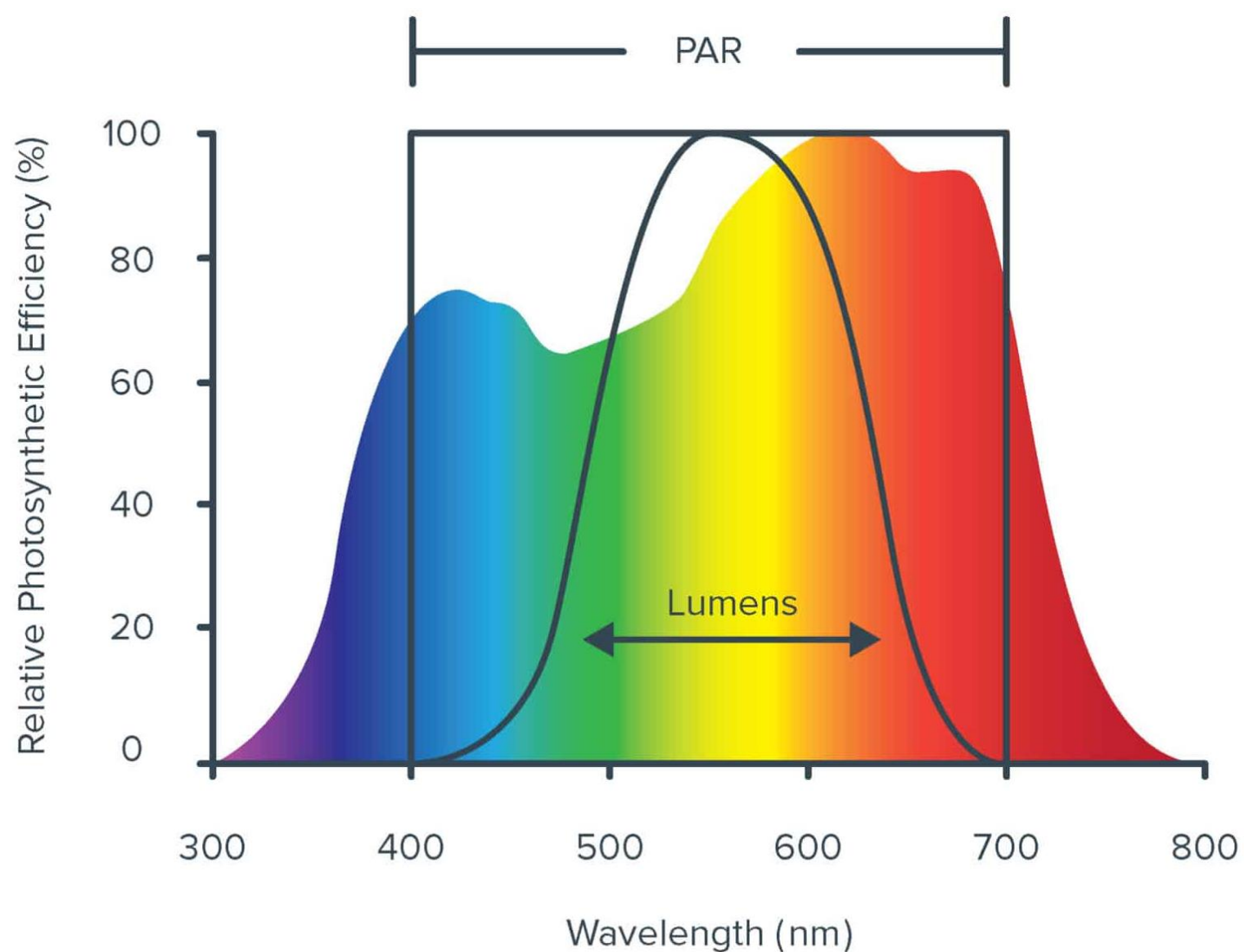
2.3 Iluminação

Assim como no cultivo indoor, a fazenda urbana vertical também necessita de luz, que será fornecida de forma artificial. A iluminação é um dos aspectos importantes a ser otimizado, já que sua contribuição para com o custo da eletricidade pode ser alta dependendo da lâmpada escolhida.

Para que a necessidade fotossintética da planta seja suprida em relação à luz, a lâmpada deverá emitir uma faixa eletromagnética entre, 400 nm à 700 nm, esta denominada pela Comissão Internacional de Iluminação (Leclairage et al., 1993) como PAR, que é a faixa de espectro utilizada pelos vegetais para a realização da fotossíntese.

Hoje, no mercado, encontram-se diferentes tipos de iluminação, cada uma com suas vantagens e desvantagens, são essas: LEDs, lâmpadas de vapor de alta pressão ou lâmpadas fluorescentes.

Figura 5: Curva da resposta da luz fotossintética



Fonte: FLUENCE, 2017.

Lâmpada Incandescente

É caracterizada em produzir aproximadamente 60% do total de luz indicada pelo PAR, através da emissão do vermelho distante (FR). Porém sua eficiência é baixa, entre 9 e 12% (PINHO et al., 2008), o que faz gerar muito calor (efeito Joule). Essas características tornam a lâmpada incandescente inviável para uso na agricultura.

Figura 6: Lâmpada Incandescente.



Fonte: Wikipédia.

Lâmpadas fluorescentes

Frequentemente utilizadas para a substituição total da radiação da luz natural em estufas fechadas e câmaras de crescimento (Pinho et al., 2008), a lâmpada fluorescente que emite sua luz, na grande quantidade azul, por ionização de gases, apresenta mais de 90% de seus fótons na faixa PAR. Sua eficiência varia entre 20% e 30%, e possui vida útil de 12.000 horas à 36.000 horas.

Figura 7: Lâmpadas fluorescentes.



Fonte: Lucas Schmidt.

Lâmpadas de vapor de alta pressão

Possui eficiência elétrica entre 30% e 40%, onde será convertida em fótons dentro da região PAR, quase 25% a 30% em vermelho distante (FR) e infravermelho (IV). Sua vida útil está entre 10.000 e 24.000 horas. (Pinho et al., 2008).

Este tipo de lâmpada é bastante utilizado durante o inverno nos países do hemisfério norte como fonte suplementar de radiação luminosa, melhorando o processo de frutificação e de floração nas plantas. Porém, em comparação com outras lâmpadas, ela tem baixa emissão de luz azul, o que acaba induzindo o estiolamento (crescimento excessivo do caule). Portanto, muitas estufas quando utilizam esse tipo de lâmpada, adicionam uma fonte de luz na cor azul para suplementação. (Wheeler et al., 1991).

Figura 8: Lâmpadas de vapor de alta pressão



Fonte: Growing pot plants

Diodo emissor de luz (do inglês light-emitting diode - LED)

Os LEDs são semicondutores de estado sólido que possuem a função de passagem de corrente elétrica unidirecional, produzindo fótons (luz) e calor, fenômeno conhecido como eletroluminescência, criado por Nick Holonyak em 1962.

Além de apresentar uma eficiência eletromagnética (elevados níveis de iluminação com baixo calor radiante) próximo aos 92% (Pinho et al., 2008), apresenta um total controle da radiação (flexibilização de espectro e direcionamento do fluxo magnético). É graças a esse controle total da radiação que apresenta o maior rendimento em relação ao PAR (chegando mais próximo das necessidades da planta) e dispensam refletores, já que o que é fluxo é direcionado de forma direta para a planta.

Atualmente, empresas direcionam sua produção de lâmpadas e painéis para a agricultura, de forma a atender a faixa espectral que a planta necessita.

Figura 8: Lâmpada de LED.



Fonte: Growing pot plants.

Figura 9: Painél de LED.



Fonte: Growing pot plants

2.4 Temperatura

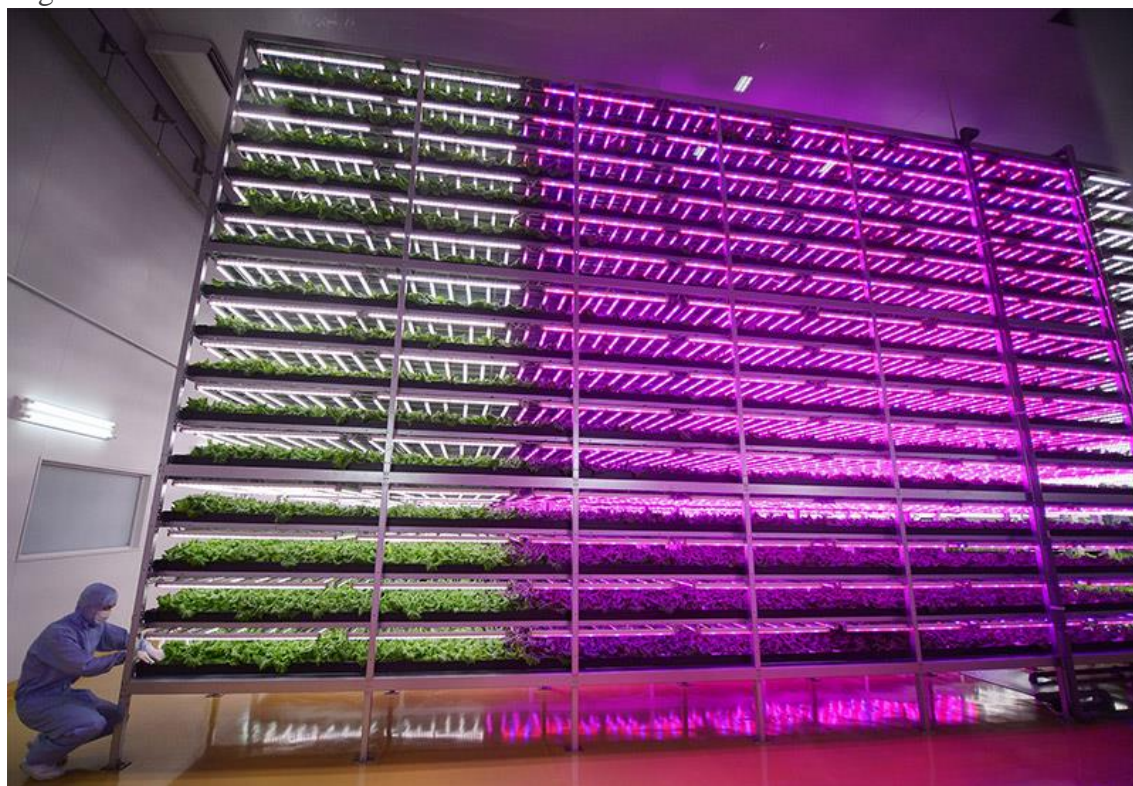
Cada tipo de espécie tem uma temperatura ideal para trabalhar, o cultivo de alface, por exemplo, é de 15 a 20°C conforme (NETO, et al., 2005). Para Filgueira, et al., 2008, o cultivo pode ser realizado na faixa de 20 a 30°C, de um modo geral a temperatura em cultivo indoor deve variar entre 21 °C e 27 °C. Altas temperaturas podem ocasionar pendoamento (diminuição do ciclo da cultura, comprometendo a produção e tornando as folhas mais rígidas (ABURRE et al., 2003)) precoce nas plantas (MORAES, et al., 2013). Para a grande maioria das

espécies o recomendado é que a temperatura dentro do cultivo indoor varie entre 21 °C e 27 °C. Além de interferir na perda excessiva de água (murcha), a temperatura entra como fator importante na contribuição de aparecimento de algumas pragas e doenças.

Problemas com excesso de calor pode estar relacionado ao tipo de iluminação escolhida para o cultivo. Caso a iluminação escolhida seja de alta pressão, por serem muito boas para a floração e frutificação, o investimento em ventiladores e exaustores será maior do que o cultivo utilizando painéis de LED.

A solução para altas temperaturas é a utilização de ventiladores e exaustores, que no cultivo indoor além de controlar a temperatura são extremamente necessários para que haja a renovação dos gases no meio. Em algumas fazendas urbanas verticais indoor o uso de ar-condicionado também é utilizado.

Figura 10: Fazenda Vertical.



Fonte: Igrow.

Figura 11: Maior fazenda vertical no subsolo. Nordic Harvest na Dinamarca.



Fonte: Nordic Harvest.

2.5 Concentração de CO₂

O gás carbônico é essencial para as plantas, por ser utilizado na fotossíntese das plantas. Logo, a concentração de CO₂ deve ser monitorada em cultivo indoor, porque a troca gasosa é o mínimo necessário. O ar que respiramos contém 0,03% à 0,04% de gás carbônico, plantas suportam uma quantidade acima de 1%.

A quantidade de CO₂ disponível para as plantas tem efeito direto na taxa fotossintética, que tende a ser maior quando a concentração desse gás também é maior (TAIZ & ZEIGER, et al., 2013). O aumento varia de acordo com a cultura, sendo que o crescimento médio é de 23% frutas, 32% cereais C3, 42% folhosas, 54% legumes e 52% raízes (STRECK, et al., 2005).

Sem uso de CO₂ como aditivo para um cultivo indoor, o uso de exaustores e ventiladores são suficientes para que haja a troca de gases com a atmosfera.

Para uma contribuição no ciclo da planta, o CO₂ pode ser fornecido de forma artificial com a utilização de geradores de CO₂ ou CO₂ comprimido. Vale ressaltar que a planta só necessita de gás carbônico para a fotossíntese, na respiração o processo é inverso e a planta passa a necessitar de oxigênio, logo uma aplicação de CO₂ deve ser realizada ao apagar as luzes.

Figura 12: Gerador de CO₂.



Fonte: Hangzhou Chuankong General Equipment Co., Ltd.

Figura 13: Cilindro de CO₂ comprimido.



Fonte: Texair Gases

2.6 Hidroponia

Hidroponia é uma técnica de cultivo onde o solo é dispensado, o solo que fornece água e nutriente, é substituído por uma solução nutritiva, a qual irá fornecer a quantidade necessária de nutrientes para a planta completar seu ciclo de forma sadia.

A hidroponia teve seu início relatado no Brasil na década de 1980, ainda que seja uma técnica recente esta já vem ganhando forças principalmente no mercado das hortaliças no Brasil. Estima-se um crescimento de 20% ao ano a migração destes produtores de hortaliças

para o sistema hidropônico. Apesar de ser muito atrativo deve-se ressaltar que é preciso conhecimento específico e um cuidado maior ao manejar as plantas, bem como um nível alto de assepsia no local do cultivo.

Ainda que o mercado de hortaliças seja o mais forte que utiliza a hidroponia, outras culturas vêm sendo utilizadas em menor escala: como alguns temperos de cheiro e até mesmo feijão-vagem. Pode-se também plantar flores e mudas de árvores frutíferas e ornamentais, mudas de arbóreas (eucalipto) e forrageiras para alimentação animal. Qualquer tipo de planta pode ser cultivado neste sistema, o que delimita é o espaço, já que a ideia de uma fazenda urbana é a maior quantidade de plantas por área, plantas muito robustas seriam um problema.

Vantagens:

- Existem inúmeras vantagens em relação a uso da hidroponia, mas para uma fazenda urbana, a principal vantagem é a adubação de forma controlada, o que torna o ciclo da planta menor e mais produtivo.

Desvantagens:

- Dependência de energia elétrica ou de um sistema alternativo. Se houver uma queda de energia e o produtor não dispor de um gerador ou um sistema de energia alternativa, há grande risco de se perder toda a produção;

- Requer conhecimento da tecnologia e acompanhamento permanente;

- Maior facilidade de disseminação de bactérias e vírus no sistema pela própria solução nutritiva circulante, caso não sejam seguidos rígidos critérios de assepsia e de manejo dos processos de produção;

SISTEMAS:

Existem vários sistemas de cultivo hidropônico que diferem entre si quanto à forma de sustentação da planta (meio líquido e substrato), ao reaproveitamento da solução nutritiva (passiva ou ativo), ao fornecimento da solução nutritiva (contínua ou intermitente). Quanto ao reaproveitamento da solução nutritiva, os sistemas hidropônicos são classificados em abertos e fechados.

Nos sistemas passivos, a solução hidropônica permanece imóvel, chegando até as plantas por capilaridade, normalmente por pavios.

Nos sistemas ativos a utilização de uma bomba para a circulação da solução de nutrientes é necessária, além de que grande parte destes sistemas necessitam de um sistema paralelo em conjunto para a aeração ou oxigenação da solução.

Por ser uma tecnologia difundida, existe uma variedade imensa de sistemas hidropônicos, que diferem entre si pela forma em que a solução nutritiva entra em contato com as raízes. Basicamente, para um conjunto hidropônico é necessária uma estrutura para sustentação da planta, um reservatório para solução nutritiva, um meio de contato entre as raízes e a solução nutritiva. Contudo, se baseiam nos sistemas básicos que serão apresentados a seguir.

1. Sistema NFT
2. Sistema DFT
3. Sistema de Substratos
4. Sistema de Subirrigação
5. Sistema de Pavios
6. Sistema Aquapônico
7. Sistema Aeropônico

Vale ressaltar que não existe um sistema melhor que outro, a necessidade de planejamento e projeção da produção são necessárias, para que haja uma escolha adequada para aquele tipo de terreno e a produção desejada. Mão de obra qualificada é um fator indispensável e extremamente importante para o desenvolvimento desse projeto.

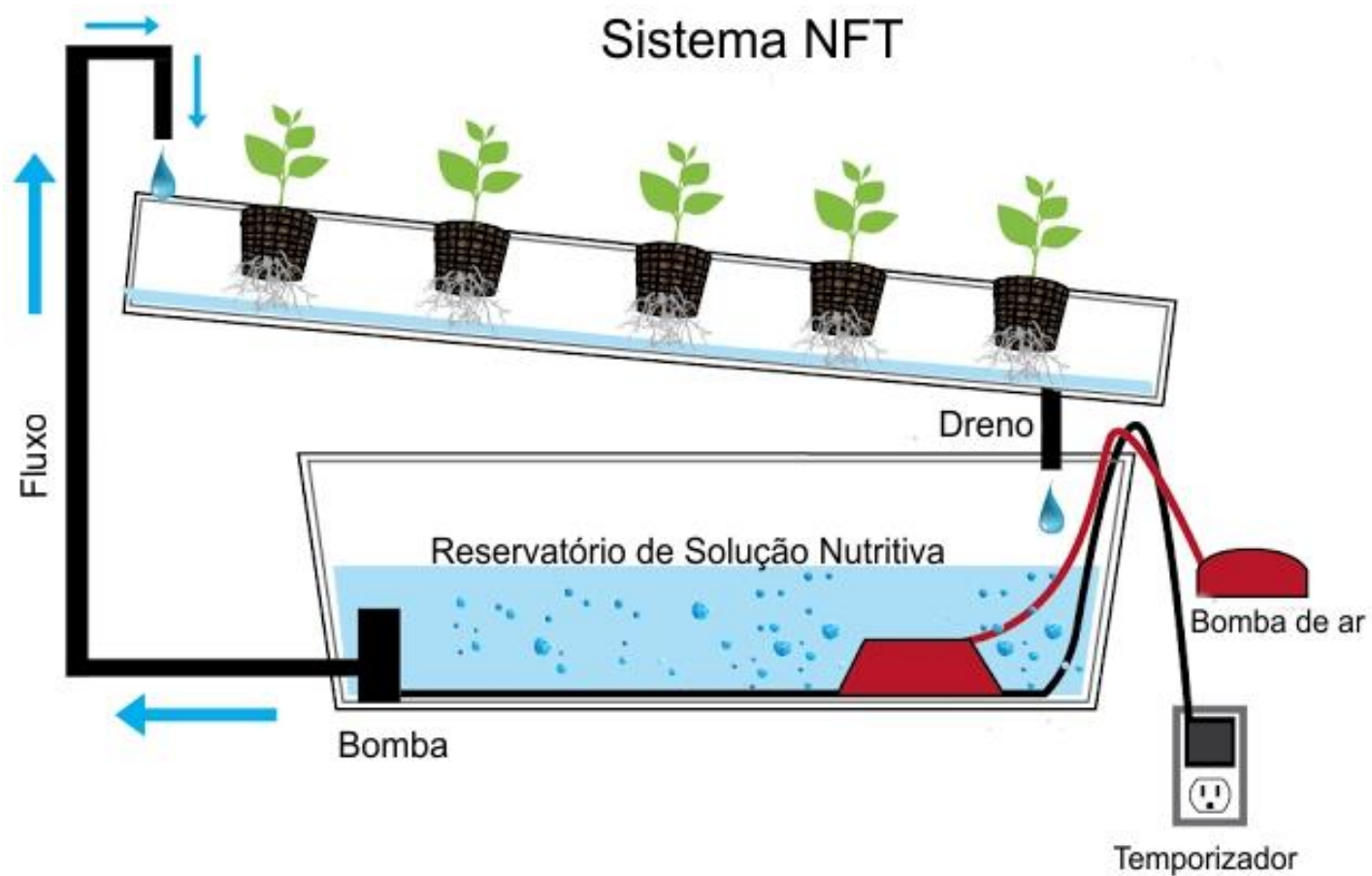
1 - SISTEMA NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE)

Tendo como percussor Allen Cooper, do Glasshouse Crop Research Institute (Littlehampton, Inglaterra), em 1965. O sistema NFT (em português, fluxo laminar de nutrientes) consiste de um sistema fechado, isto é, a solução nutritiva circula pelos canais de cultivo sendo reutilizada continuamente (Rodrigues, 2002).

A solução nutritiva é bombeada em forma de pequenas lâminas de água, onde passa pelos canais de cultivo, onde por interceptação da raiz com a solução a planta obtém seus nutrientes e água. A bomba tende a ser acionada por um timer, onde ligada a cada intervalo de tempo, esse intervalo permite que o canal seja todo drenado ao final por um reservatório, fazendo com que haja assim uma renovação da solução

nutritiva no canal e, com isso, a incorporação de oxigênio atmosférico. Pode-se adicionar também uma bomba de ar para que aumente o nível de oxigênio na solução.

Figura 14: Sistema NFT.



Fonte: Debora Lins

O NFT é mais indicado para o cultivo em especial para as hortaliças folhosas (Cometti, 2003). O mais utilizados são tubos de PVC inteiros ou cortados ao meio, longitudinalmente, e há no mercado perfis próprios para esse tipo de cultivo.

Figura 15: Perfil para sistema NFT.



Fonte: Chakpong Benjasuwan

Figura 16: Tubos de PFC como perfil.



Fonte: Cesar Reyes

3 - SISTEMA DFT (DEEP FILM TECHNIQUE)

O DFT é um sistema de cultivo hidropônico, também conhecido como “floating” ou “piscina”, esse sistema é usado para a produção de mudas. A muda normalmente é colocada em placas de polietileno (isopor), que servirá de substrato para que a planta flutue na piscina, onde haverá uma lâmina de solução nutritiva (aproximadamente de quatro a cinco centímetros) suficiente para o desenvolvimento das raízes das mudas, mantendo o substrato úmido e permitindo a absorção dos nutrientes.

Como as raízes das plantas permanecem submersas na solução nutritiva até a colheita, tanto a oxigenação como o pH da solução devem ser monitorados e sempre ajustados. Para a manutenção da lâmina de solução, deve-se instalar um sistema de alimentação e drenagem compatível, ou seja, a drenagem sempre maior ou igual à entrada de solução, para manter constante o nível da lâmina.

Figura 17: Cultivo de alface, sistema DFT.



Fonte: Puthuchon Buddawung

Figura 17:Placa de Polietileno.



Fonte: Germán Portillo.

4 - SISTEMA DE SUBSTRATOS

Essa técnica é muito utilizada para hortaliças frutíferas, flores e outras culturas que têm suas raízes e partes aéreas mais desenvolvidas. Com o auxílio de substrato inertes que tem função apenas de sustentação para as plantas, o fornecimento da solução nutritiva pode se dar de diversas formas, como por exemplo: capilaridade, gotejamento, inundação e circulação.

Tem como maior vantagem o uso destes substratos recicláveis que são reaproveitamentos no próximo ciclo, necessitando apenas de uma boa higienização para que não ocorra a transmissão de agentes patógenos para gerações futuras.

Figura 18: Sistema de cultivo hidropônico fechado de morango, em substrato de fibra de coco.



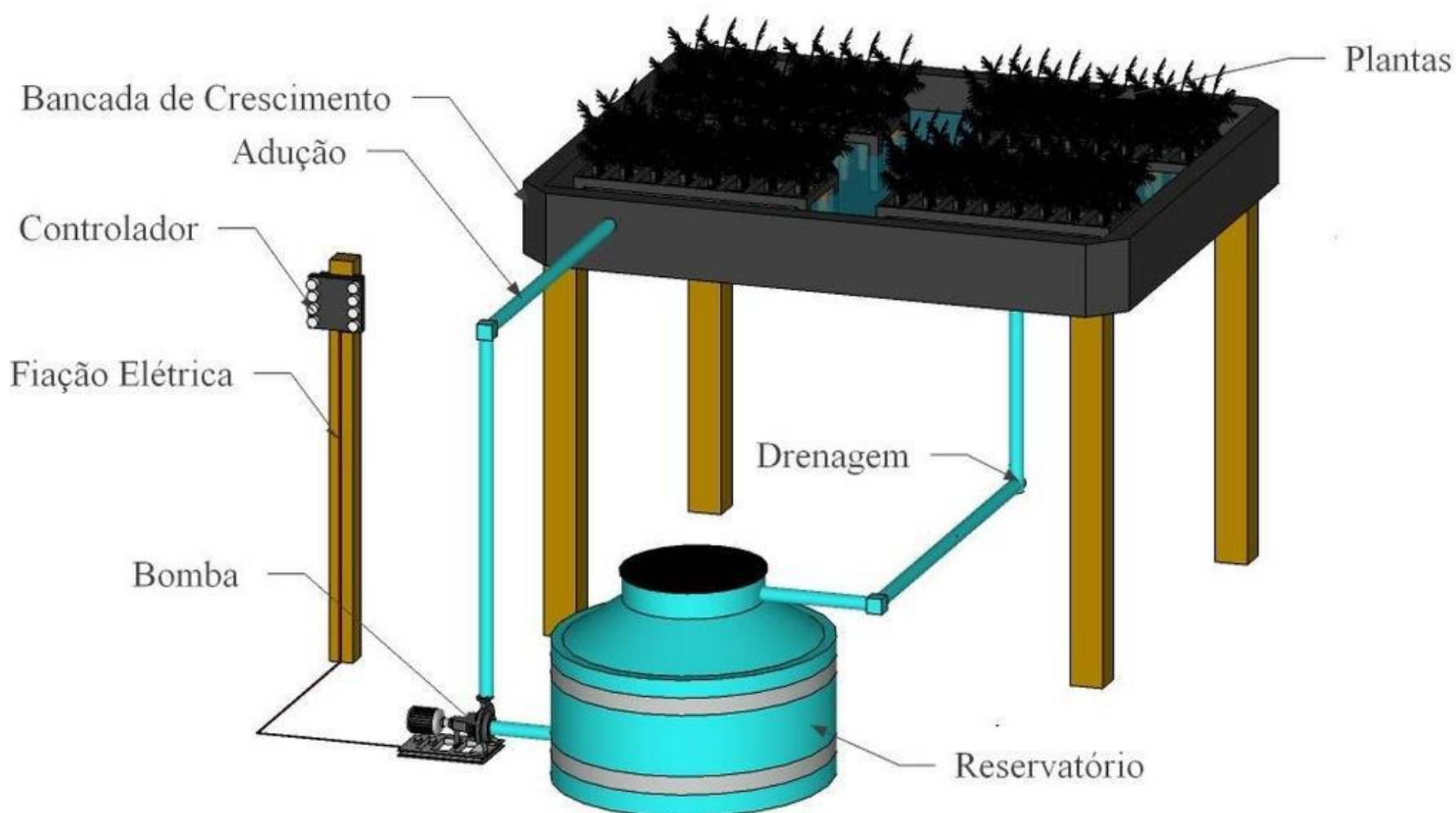
Fonte: Embrapa Agroindústria Tropical.

5 - SISTEMA DE SUBIRRIGAÇÃO

Consiste em uma estrutura onde serão colocadas as plantas em algum tipo de substrato, normalmente colocado em vaso. Essa estrutura é preenchida por uma lâmina de água desejável que por capilaridade irá nutrir e fornecer água para a planta. O sistema é normalmente fechado, a solução da nutrição parte de um reservatório por uma bomba para a estrutura, e retorna para o reservatório. Existem diversos tipos de equipamentos para aplicação da subirrigação são eles: mesas, pisos de concreto, pavios, mantas capilares, bandejas móveis e canais ou calhas em desnível.

Os sistemas de subirrigação podem ser utilizados na produção de diversas culturas que utilizam substratos, como é o caso de palmeiras, mudas florestais, mudas nativas e exóticas, citros, café, maracujá e outros. Essa tecnologia apresenta vantagens como o aumento da produção por unidade de área, maior uniformidade de produção, redução no período de crescimento, eliminação da perda de água e nutrientes por lavagem no solo.

Figura 19: Esquema ilustrativo do sistema de irrigação por subirrigação. Adaptado de Ferreira Filho et al. (2011).



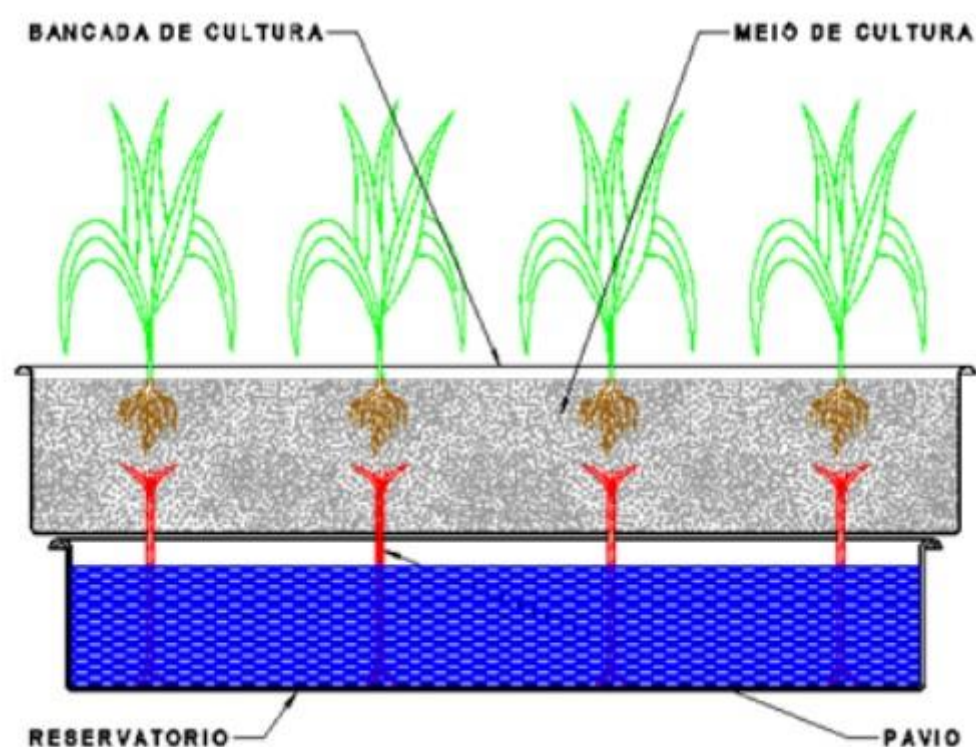
Fonte: Rhuanito Soranz Ferrarezi.

6 - SISTEMA DE PAVIOS

O sistema de pavios é o mais simples dos sistemas, trata-se de um pavio embebo em uma solução nutritiva, onde por capilaridade sai do reservatório até as raízes das plantas através de um pavio. Trata-se de um sistema passivo, ou seja, não há partes móveis e a solução nutritiva é estática.

Normalmente, é usada uma mistura de vários meios de cultura, de modo a incrementar ao máximo a capacidade capilar. Esse sistema hidropônico, é utilizado para plantas de pequeno e médio porte, especialmente em pequenas hortas domésticas pois plantas de grande porte e que necessitam de grandes quantidades de água, absorvem a solução nutritiva em uma velocidade maior do que a capacidade dos pavios, se tornando um problema para o sistema. É comum, também, usar este sistema em vasos com plantas decorativas e com solo convencional fertilizado, usando apenas água mineral comum para irrigação.

Figura 20: Sistema de Pavio.

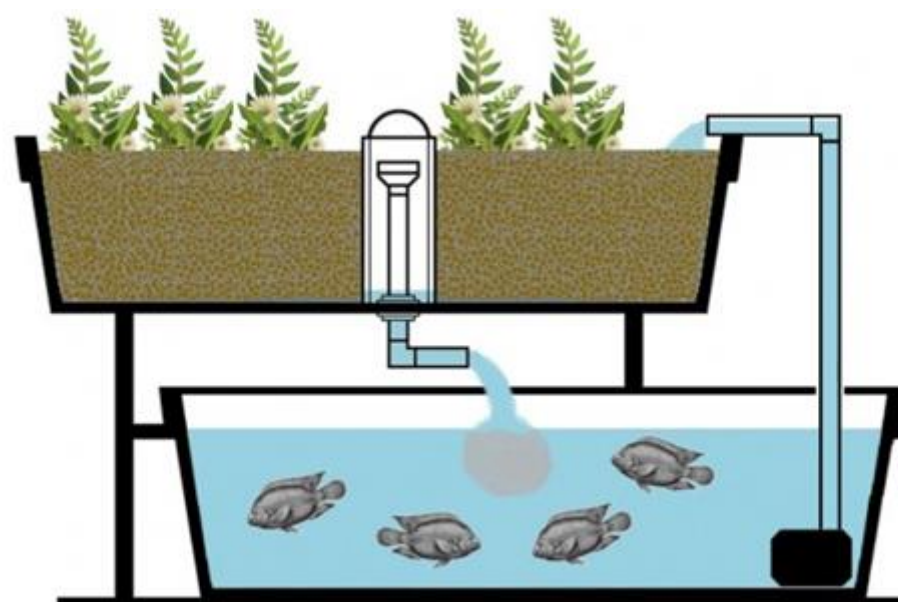


Fonte: George et al. (2012).

7 - SISTEMA DE AQUAPONIA

A aquaponia é um tipo de cultivo que envolve a integração entre a aquicultura e a hidroponia em sistemas fechados de água e nutrientes. Considerado um sistema de produção bio-integrado, onde os dejetos dos peixes têm função de fertilizante na irrigação deste cultivo. As plantas servem como sequestradoras de nutrientes que estão em excesso na água, evitando grandes desperdícios no sistema. Assim, dentro deste contexto sustentável, pequenos produtores podem produzir peixes e hortaliças utilizando-se de tambores e caixas de água, por exemplo (Diver, 2006).

Figura 21: Sistema de Aquaponia.



Fonte: BioPhysics Research Pte. Ltd

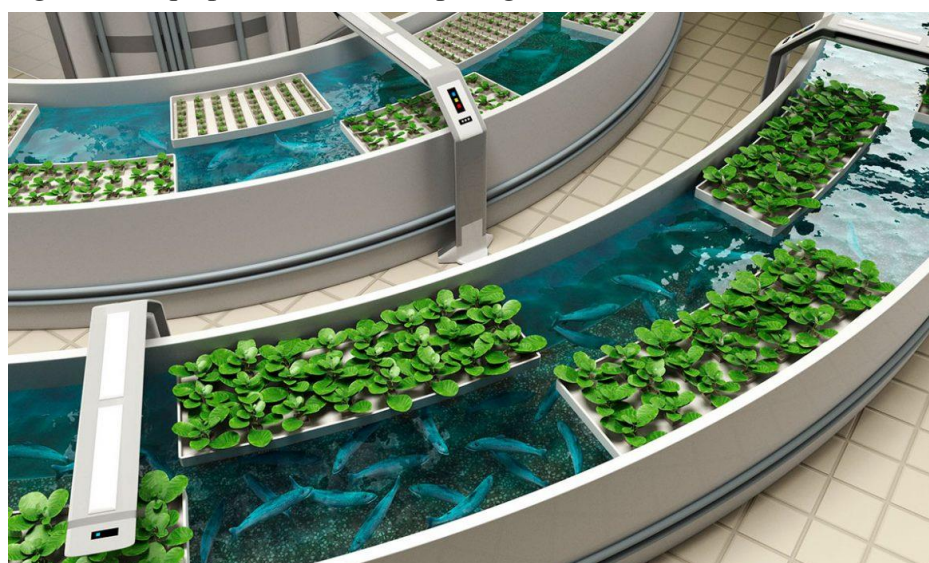
O método é usado na produção de alface, rúcula, manjericão e de frutas, como tomate, banana, morango e mamão. Também é preciso considerar que os peixes, que além de servirem de fonte dos nutrientes da planta, é uma excelente fonte de proteína que pode ser vendida ou consumida.

Figura 22: Sistema de Aquaponia caseiro.



Fonte: Divana Eliva

Figura 23: Aquaponia atrelado ao paisagismo.



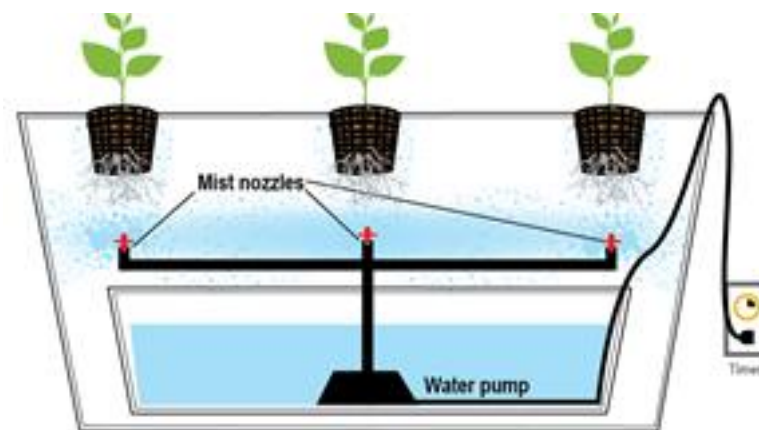
Fonte: AGROVAPP

8 - SISTEMA DE AEROPONIA

Essa técnica de cultivo consiste em manter as plantas suspensas no ar, geralmente apoiadas pelo colo das raízes (que ficam confinadas em um ambiente escuro), borrifando-as com uma névoa ou com uma massa de gotículas de solução nutritiva. A aeroponia difere de outros sistemas de hidroponia por não usar a água com o substrato.

Aeroponia consiste na elevação das plantas, onde a raiz fica suspensa no ar e recebe a solução nutritiva através de um nebulizador. O tempo de nebulização varia em função do ciclo da cultura (10 a 20 segundos ligado, e 30 a 60 segundos desligado), esse escalonamento permite que as raízes sempre estejam úmidas. O sistema é fechado, ou seja, a solução retorna para o tanque de armazenamento.

Figura 24: Sistema Aeropônico



Fonte: Arpan Das

O sistema surgiu nos Estados Unidos, em 1937, e possibilita uma grande economia de água. No Brasil, o método de cultivo vem sendo usado na produção de batatas.

Figura 25: Sistema Aeropônico no cultivo de batata.



Fonte: Jornal Nacional.

2.7 Solução nutritiva

A solução nutritiva é a parte mais importante de um sistema hidropônico: é o meio pelo qual os nutrientes previamente dissolvidos em água são colocados à disposição das plantas, sendo que o mau uso desta pode acarretar sérios prejuízos para as plantas (Martinez & Silva Filho, 2006; Andriolo, 1999).

Toda solução nutritiva deve conter macro e micronutrientes minerais essenciais dissolvidos em água de boa qualidade e em quantidade e proporção balanceada para atender às necessidades da espécie a se cultivar, além de apresentar um pH ideal entre 5,5 e 6,6. As necessidades nutricionais das plantas variam de uma variedade para outra e com o estágio de desenvolvimento das plantas (Marschner, 1995). A água ideal deve ter uma CE abaixo de 0,5 mS/cm e sais numa proporção inferior a 50 ppm, e a temperatura deve se situar por volta dos 25°C e não ultrapassar os 28°C. É necessário equipamentos de medição para fazer o acompanhamento destes valores, recomenda-se um equipamento multiparâmetro portátil que fornece estas três medições num só aparelho. Para que não haja desenvolvimento de algas a solução nutritiva deve ser sempre mantida em lugares onde não há contato com a luz.

Figura 26: Multi-parâmetro.



Fonte: Allsome

2.8 Controle fitossanitário

Em uma fazenda urbana o sistema é isolado, as pragas e doenças teriam que ser importadas de alguma forma, podendo ser ela por propágulo, sementes ou água contaminada, vestimentas de funcionários e até mesmo o ar podem ser um meio transmissor.

A hidroponia apesar de suas inúmeras vantagens, a solução nutritiva acaba sendo o agente responsável pela dispersão de doenças ou vírus entre o cultivo, já que compartilham da mesma solução.

Neste caso a melhor forma de combate é a prevenção. Após cada colheita o sistema deverá ser devidamente higienizado, para que não haja a transmissão para gerações posteriores; todo e qualquer cultivar que apresentar algum tipo de patógeno o descarte deve ser de forma imediata. Para diminuir a taxa de perda, caso haja uma contaminação, os produtores optam por um sistema com um reservatório por bancada, para que as perdas sejam reduzidas apenas à uma bancada.

Algumas das tecnologias citadas anteriormente auxiliam no combate de agentes patogênicos, tanto o CO₂, ventiladores/exaustores, como alguns tipos de iluminação, tendem a servir como agente repelente.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Iniciativa Privada

Projeto Mundial

Visando abastecer grandes centros urbanos, que possuem um nível de perda na ordem de 40% quando abastecidos pela modelo convencional, as fazendas urbanas vêm crescendo de um modo geral pelo mundo. Entre os destaques globais enquadram-se AeroFarms, Plenty, Bowery Farming e InFarm.

Este tipo de investimento pode levar de seis a oito anos para gerar retorno (Leonard Lerer et al., 2021). Porém, alguns modelos de fazendas vêm se tornando promissor. Em julho de 2019 a AeroFarms, que possui sua sede em Nova Jersey, captou cerca de US\$ 100 milhões. A alemã InFarm captou a mesma quantia em junho do mesmo ano. Em 2018, a Bowery Farms recebeu US\$ 90 milhões. E antes disso, em 2017, a Plenty captou o recorde até então: US\$ 200 milhões (TUCCI e IODICE, 2020).

Apesar de não ser um atrativo para grandes investidores, as AgTechs vêm ganhando um mercado de investidores que não pensam em um retorno rápido, mas que apostam na tecnologia como uma forma de melhoria para o sistema produtivo, e apostam em uma agronomia mais sustentável.

Figura 27: Fazenda Urbana Vertical Indoor InFarm.



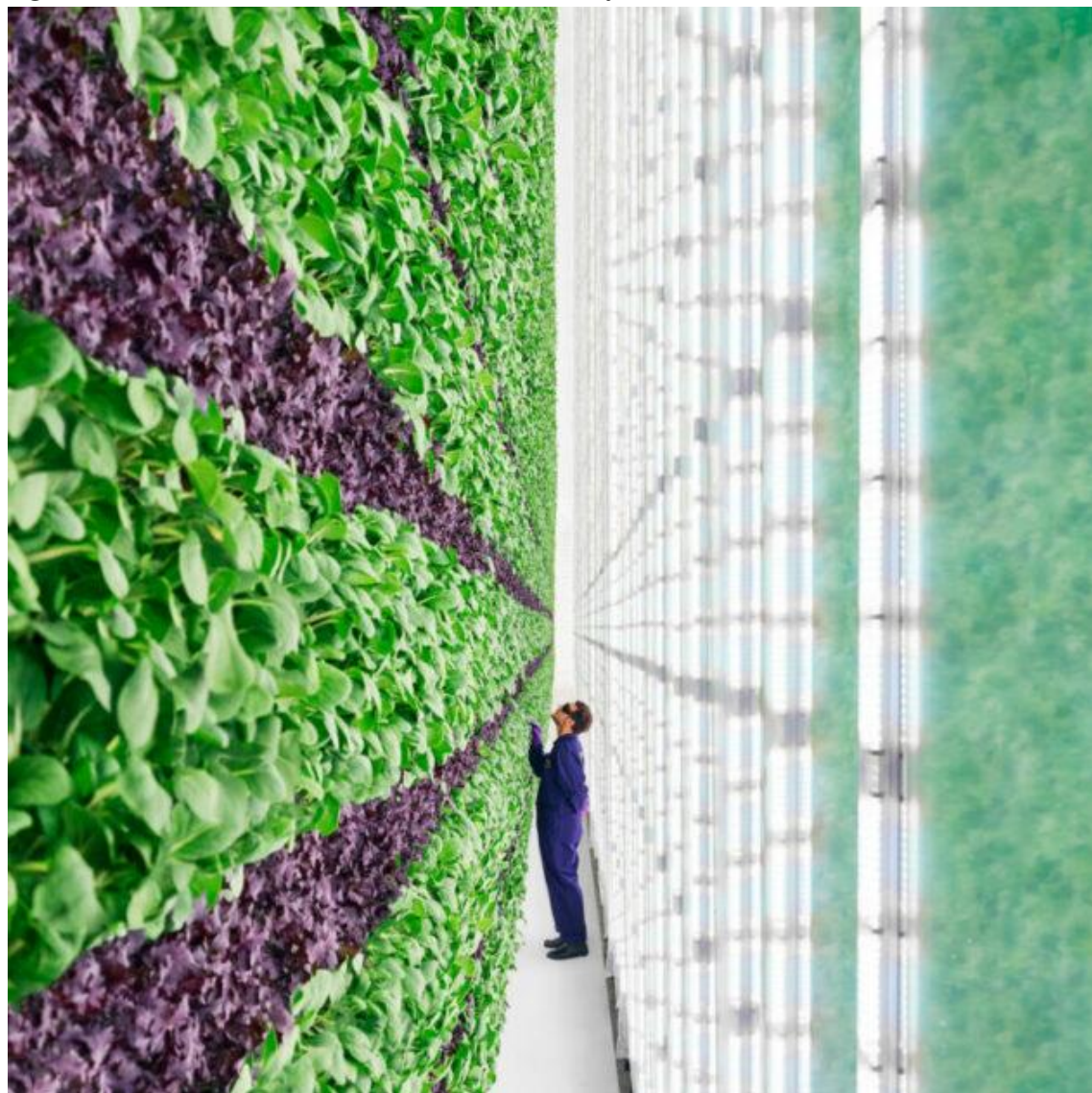
Fonte: InFarm..

Figura 28: Fazenda Urbana Vertical Indoor Bowery Farms.



Fonte: Bowery Farms.

Figura 29: Fazenda Urbana Vertical Indoor Plenty Farm.



Fonte: Plenty Farm.

Projeto Nacional

Pink Farms é a primeira e maior fazenda urbana vertical da América Latina, desenvolvida durante um ano e meio e inaugurada em setembro de 2019 na Vila Leopoldina em São Paulo.

Parecida mais com um laboratório do que com uma fazenda, apresenta grandes salas fechadas que abrigam plantações de diversas culturas, como alface, rúcula, acelga, espinafre, manjeriço, microgreens, entre outros.

Um conjunto de luz de LED de cor vermelha (FR) e azul se misturaram formando o rosa, que assume o papel da iluminação solar, e que também dá nome a startup. Possui um sistema vertical de produção, que consiste em plantações alojadas em uma torre de oito andares.

Os alimentos crescem com as raízes na água e sem contato direto com o solo. Com um sistema de automação é possível controlar todas as variáveis de cultivo, permitindo que o alimento cresça saudável, independente do clima e da época do ano. Isso permite que, por metro quadrado, o cultivo seja 100 vezes mais produtivo que o do campo. Ou seja, uma área de 20m², por exemplo, equivale a 2 mil m² no campo (Geraldo Maia et al., 2021).

Com uma produção atual mensal de 2 toneladas por mês a Pink Farm atingiu o limite máximo de produção da fazenda. Um ótimo negócio para uma empresa que começou com investimento próprio de R\$ 130 mil e recebeu no último ano aporte de R\$ 2 milhões, o que foi determinante para saírem do estágio de fazenda-piloto (Geraldo Maia et al., 2021). A Pink Farm no início deste ano buscou o mercado de ações no modelo *crowdfunding*, onde disponibiliza 14,6% da empresa em busca de embaixadores para a marca com a pretensão de arrecadar 4 milhões de reais, e assim, dobrar a produção com a construção de uma nova fazenda.

Figura 30: Fazenda Urbana Vertical Indoor Pink Farm.



Fonte: Pink Farm.

3.2 Iniciativa Municipal

Apesar de ainda não haver nenhuma iniciativa pública para esse tipo de projeto, este poderia se tornar viável através de políticas públicas criadas por Município, com afincos de atrair investidores o que iria gerar emprego local e sua produção poderia ser voltada para escolas e/ou outros projetos do Estado. O Estado tem o poder de reorganizar áreas urbanas abandonadas como preconiza o artigo 182 da CF¹, através da arrecadação de imóveis abandonados, consoante dispõe a Lei nº 13.465/2017, por meio do artigo 64, § 1º, seguindo o procedimento definido no artigo 64, §§ 2º e 3º, na qual permite ao Município reutilizar o imóvel arrecadado em prol da coletividade nos moldes dos artigos 64, §4º e 65 da referida legislação, ao passo que se produziria verduras e legumes sem a adição de agrotóxicos ou modificação genética, gerando nas divisas urbanas uma nova forma de incrementar a economia sem o processo agressivo da industrialização (PAGLIARINI & SANTOS et al., 2018). Um quarteirão desta técnica é capaz de alimentar 50 mil pessoas ao ano, logo a construção de cento e cinquenta unidades alimentaria uma megalópole da dimensão de Nova Iorque (DIAMANDIS e KOTLER et al., 2012, p.137).

A produção pode ser distribuída para escolas, o investimento para se garantir a merenda a todos os alunos da rede é de R\$ 1,167 bilhão, sendo R\$ 900 milhões do governo de São Paulo e o restante por meio do Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), e desta forma diminuir os gastos desta modalidade, o que traria mais segurança alimentar nas merendas dos alunos da rede pública com uma qualidade melhor dos alimentos.

De acordo com a Lei nº 11.947, de 16/6/2009, 30% do valor repassado pelo Programa Nacional de Alimentação Escolar – PNAE deve ser investido na compra direta de produtos da agricultura familiar, medida que estimula o desenvolvimento econômico e sustentável das comunidades. Incentivos como este, podem servir de exemplos para futuros incentivos públicos para fazenda vertical urbana indoor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As fazendas urbanas verticais indoor (FUVI) veem ganhando força no mercado principalmente nos últimos 5 anos. Apresentam vantagens excepcionais em relação à produção convencional, não garante a segurança alimentícia de uma forma global, e nem deveria. A FUVI vem como uma proposta de suprir o mercado de folhosas e futuramente culturas de pequeno porte, de uma forma limpa, com menor consumo de insumo e com mínimo impacto ambiental. Com produção totalmente orgânica e monitorada, a FUVI deve receber cada vez mais recursos para pesquisas ao redor do mundo.

Pensando em um aspecto social, a cidade só tem a ganhar, terá alimentos mais saudáveis a custos menores, e terá o maior frescor se comparado com produtos de polos mais afastados.

A Pink Farm no Brasil nos prova que há mercado e que mesmo na pandemia a empresa vem crescendo de forma exponencial, a iniciativa privada já é comprovada lucrativa e só tende a crescer mais. Assim, a forma de produção agrícola pode sofrer grandes mudanças com a inovação que as AgTechs proporcionam, as FUVI são apenas um exemplo nesse universo das AgTechs.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABURRE, M. E. O. et al. Produtividade de duas cultivares de alface sob malhas termo - refletoras e difusa no cultivo de verão. In: CONGRESSO DE OLERICULTURA, 43., 2003, Campo Grande. Anais... Campo Grande: SOB, 2003. 1 CD-ROM

ANDRIOLO, J.L. Fisiologia das culturas protegidas. Santa Maria. UFSM. 1999

DALMOLIN, Luana. **O futuro da agricultura está nas cidades**. São Paulo: Experienceclub ,2019. Disponível em: < <https://experienceclub.com.br/o-futuro-da-agricultura-esta-nas-cidades/>> Acesso em: abril 2021.

DIAMANDIS, Peter; KOTLER, Steven. **Abundância**: o futuro é melhor do que você imagina. São Paulo:HSM Editora, 2012, DESPOMMIER, Dickson, **The Vertical Farm**: Feeding the World in the 21st Century. Chicago: ST Martins Press, 2010.

FILGUEIRA, F. A. (2008). Novo Manual de Olericultura. Viçosa: UFV.

FLUENCE Bioengineering, Inc. , Horticulture Lighting Metrics, 2017 Disponível: <https://fluence.science/science/par-ppf-ppfd-dli/>

LECLAIRAGE, C. I. de. Terminology for photosynthetic active radiation for plants, 1993. v. 106/8.

LEGNAIOLI, Stella. **Fazenda vertical**: o que é, vantagens e desvantagens. São Paulo :Ecycle ,2021. Disponível em: < <https://www.ecycle.com.br/6180-fazenda-vertical>> Acesso em: março 2021.

LERER, Leonard. **Biological innovation is key to the economic & environmental sustainability of CEA**. São Paulo: AgFundernews ,2021. Disponível em: < <https://agfundernews.com/byas-biological-innovation-is-key-to-the-economic-environmental-sustainability-of-vertical-farming.html> >. Acesso em: março 2021.

MAIA, Geraldo. **Parece um laboratório, mas é uma fazenda vertical**. São Paulo: AgroSaber, 2020.Disponível em: < <https://agrosaber.com.br/parece-um-laboratorio-mas-e-uma-fazenda-vertical/> >. Acesso em: março 2021.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. (2nd edition). London. Elsevier Ltd.. 1995.

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

MORAES, C. C., & L.CASTRUCCI, P. (2001). Engenharia de Automação Industrial. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos .

NETO, F. B., ROCHA, R. H., ROCHA, R. C., NEGREIROS, M. Z., LEITÃO, M. d., NUNES, G. H., et al. (2005). Sombreamento para produção de mudas de alface em alta temperatura. Brasília.

PAGLIARINI, Alexandre Coutinho. SANTOS, Flávio Adriano Rebelo Bandrão. **A utilização da fazenda urbana vertical como meio de comentar a sustentabilidade**. Revista do Instituto de Direito Constitucional e Cidadania, Londrina, v. 3, n. 1, p. 209-225, jan/jun. 2018.

STRECK, N.A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO2 and temperature on crop growth, development, and yield. Ciência Rural, v.35, n.3, p.730-740, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v35n3/a41v35n3.pdf>>. Acesso em: março 2021.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2013. 954p.

TUCCI, Amanda. IODICE, Julianna. **Como a brasileira Pink Farms virou pioneira em fazenda vertical**. São Paulo: Forbes ,2020. Disponível em: < <https://forbes.com.br/negocios/2020/04/como-a-brasileira-pink-farms-virou-pioneira-em-fazenda-vertical/>>. Acesso em: março 2021.

VALENTI, Graziella. **Pink Farms busca R\$ 4 mi e embaixadores para marca com crowdfunding**. São Paulo: Exame,2021. Disponível em: < <https://exame.com/exame-in/pink-farms-busca-r-4-mi-e-embaixadores-para-marca-com-crowdfunding/> >. Acesso em: março 2021.

WHEELER, R. M., Mackowiak C. L. and Sager J. C., "Soybean stem growth under highpressure sodium with supplemental blue lighting," Agron. J., vol. 83, pp. 903-906, SepOct. 1991.