

FAZENDA VERTICAL COMO MODELO SUSTENTÁVEL DE AGRICULTURA URBANA

VERTICAL FARM AS A SUSTAINABLE MODEL OF URBAN AGRICULTURE

GRANJA VERTICAL COMO MODELO SOSTENIBLE DE AGRICULTURA URBANA

Lady Laura Soares Gundim¹ ; Renata Priore Lima²

1. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais; E-mail: lurasoaresgundim@gmail.com
2. Universidade Paulista, Universidade Presbiteriana Mackenzie; E-mail: renatapriliama@gmail.com

RESUMO

O constante crescimento da população global tem revelado a demanda por soluções agroprodutivas sustentáveis de enfrentamento à produção de alimentos frescos em larga escala. Este artigo investiga os benefícios da implantação de fazendas verticais enquanto modelo sustentável de produção alimentar nas cidades. Neste estudo, buscou-se compreender os impactos positivos das fazendas verticais implantadas em áreas urbanas consolidadas, por meio da contextualização histórica da agricultura urbana vertical, da coleta e análise de dados científicos que embasam o surgimento de novas tecnologias de produção agrícola em ambientes urbanos, e da identificação dos condicionantes técnicos que favorecem o cultivo indoor. A metodologia adotada inclui a revisão de literatura e o estudo de caso de uma fazenda vertical nacional em São Paulo/SP, a Pink Farms. Os resultados apontam para benefícios dos novos métodos, tais como a otimização energética e de uso do solo mas também as limitações ecológicas, sociais e paisagísticas das fazendas verticais.

Palavras-Chave

Segurança alimentar; sustentabilidade urbana; produção agrícola interior.

RESUMEN

El constante crecimiento de la población mundial ha puesto de manifiesto la demanda de soluciones agrícolas sostenibles para hacer frente a la producción a gran escala de alimentos frescos. Este artículo investiga los beneficios de implementar granjas verticales como un modelo sostenible de producción de alimentos en las ciudades. En este estudio, buscamos comprender los impactos positivos de las granjas verticales implementadas en áreas urbanas consolidadas, a través de la contextualización histórica de la agricultura urbana vertical, la recopilación y el análisis de datos científicos que respaldan el surgimiento de nuevas tecnologías de producción agrícola en entornos urbanos, y de la identificación de las limitaciones técnicas que favorecen el cultivo en interior. La metodología adoptada incluye una revisión de la literatura y un estudio de caso de una granja vertical nacional ubicada en São Paulo/SP, Pink Farms. Los resultados apuntan a los beneficios de los nuevos métodos de cultivo, tales como la optimización energética y del uso del suelo, pero también a las limitaciones ecológicas, sociales y paisajísticas de las granjas verticales.

Palabras Clave

Seguridad alimentaria; sostenibilidad urbana; producción agrícola interior.

ABSTRACT

The constant growth of the global population has revealed the demand for sustainable agricultural solutions to face the large-scale production of fresh food. This article investigates the benefits of implementing vertical farms as a sustainable model of food production in cities. In this study, we sought to understand the positive impacts of vertical farms implemented in consolidated urban areas, through the historical contextualization of vertical urban agriculture, the collection and analysis of scientific data that support the emergence of new agricultural production technologies in urban areas, and the identification of technical constraints that favor indoor cultivation. The methodology adopted includes the literature review and the analysis of a Brazilian vertical farm placed in São Paulo/SP: the Pink Farms. The results point to the benefits of new methods of growth such as energy and land optimization, but also the ecological, social and landscape limitations of vertical farms.

Key Words

Food safety; urban sustainability; indoor agricultural production.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional contínuo é uma realidade global que impacta a qualidade ambiental dos espaços habitados, bem como o cultivo e a produção de alimentos. Entre os problemas e desafios relacionados a este processo, evidencia-se o distanciamento das cidades da área rural, e conseqüentemente, da fonte dos alimentos frescos. A constante expansão da área urbana decorrente deste processo vem aumentando essas distâncias, o tempo e a energia gastos com deslocamentos que resultam em uma piora na logística de abastecimento da cidade com alimentos produzidos no campo, fatores que impactam tanto a qualidade quanto o preço e alcance dos produtos ao consumidor final.

Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (2012), até 2050 a população humana global alcançará o número de 9,5 bilhões. Para alimentar essa população, seria necessária uma área de terra arável equivalente à extensão territorial da América do Sul para produzir 70% mais alimentos do que se produz atualmente para toda a humanidade (FAO, 2012). Para enfrentar essa questão, e garantir a segurança alimentar da população mundial, novas alternativas têm associado agricultura, engenharia e arquitetura com o objetivo de criar tipologias de agricultura vertical nas cidades e para as cidades.

Uma das soluções que começou a ser experimentada recentemente foi denominada fazenda vertical (Despommier, 2010). Essa construção está pensada para funcionar como uma “fábrica” de hortaliças (alface, rúcula, rabanete, alho-poró, entre outros), por meio de técnicas de produção agrícola indoor, em edifícios localizados em áreas urbanas consolidadas. As mais conhecidas são instaladas em edifícios e não utilizam terra para o cultivo, como no caso da Pink Farms, uma das pioneiras no ramo. Localizada no bairro Vila Leopoldina em São Paulo, essa startup é detentora de uma das maiores produções agrícolas verticais da América Latina.

A segurança alimentar significa que “as pessoas podem produzir alimentos suficientes, ou comprá-los, para satisfazer suas necessidades diárias a fim de levar uma vida ativa e saudável” (FAO, 2012). Pensando nisso, a agricultura urbana, por meio da produção local, opera sob a premissa de

que o acesso à comida é um direito humano básico. Trazer a produção para mais perto do consumo humano, ou seja, reduzir a distância que o alimento viaja para chegar ao prato do consumidor, é desejado para diminuir as emissões de gases de carbono na atmosfera, as perdas energéticas, entre outros aspectos relacionados a questões de saúde pública, bem-estar social e conservação ambiental.

A partir destas questões, considera-se a hipótese de que, entre outros benefícios, a atuação das fazendas verticais corrobora para tornar as cidades mais sustentáveis do ponto de vista ambiental e da segurança alimentar, por meio do uso da tecnologia e de sistemas produtivos adaptados à edificações.

Diante dessas novas possibilidades, este artigo objetiva discutir conceitualmente o tema da produção alimentar vertical indoor e avaliar os benefícios da implantação de fazendas verticais nas cidades do ponto de vista da sustentabilidade urbana. Desta forma, espera-se contribuir para o desenvolvimento de alternativas sustentáveis de projeto que fomentem a ampliação do setor.

Além desta seção introdutória, este artigo se desenvolve em mais quatro seções: procedimentos metodológicos; revisão da literatura; estudo de caso da fazenda vertical Pink Farms; e conclusões, limitações e possibilidades de continuidade da pesquisa. As referências utilizadas são apresentadas ao final.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram adotados os seguintes procedimentos metodológicos, segundo cada um dos objetivos específicos.

A fim de compreender o funcionamento das fazendas verticais, foi realizada a revisão da literatura sobre o tema a partir da revisão de livros e periódicos especializados no assunto. Além disso, foram analisados casos nacionais e internacionais de fazenda vertical, incluindo a visita in loco da Pink Farm, que foi definida como caso principal deste estudo. Posteriormente, para identificar as principais técnicas de cultivo utilizadas, foi igualmente realizada a revisão da literatura especializada, bem como dados foram extraídos in loco, durante a visita.

Paralelamente às etapas anteriores, foi realizado um estudo da Pink Farms a partir de documentação disponível no site da empresa, bem como da visita à área e discussão com técnicos e funcionários. Por fim, para analisar os impactos que esse novo modelo produtivo tem sobre a qualidade do meio ambiente urbano, procurou-se relacionar aspectos teóricos da literatura com os indicadores de produtividade das produções indoor em relação aos meios de produção de alimentos frescos por meio tradicional. As análises também incluem uma avaliação qualitativa dos impactos dos novos modelos sobre a ecologia e a paisagem urbana.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Produção alimentar nas cidades e adaptação de edifícios para a produção de alimentos *in natura*

Historicamente, o uso da tecnologia para produção de alimentos frescos em sistemas não convencionais de agricultura ocorreu em situações limites e de grande dificuldade para seu desenvolvimento (Lucena, 2016). Quando as colheitas falhavam, a sociedade sofria fome e morte, que em muitos casos culminaram em conflitos bélicos. Esses momentos históricos apontam para o

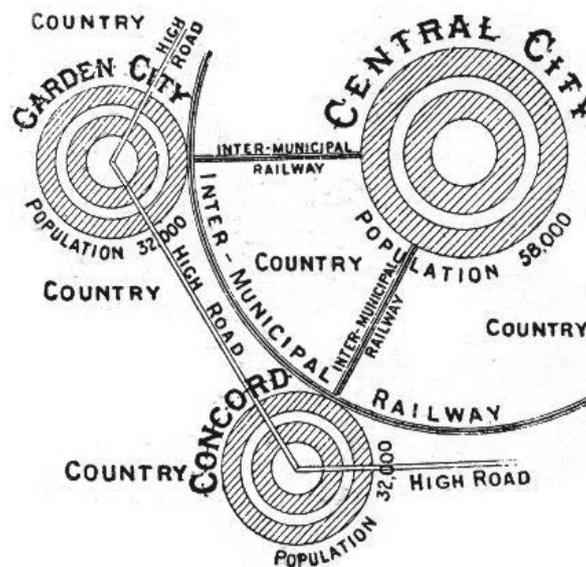
fato de que culturas agrícolas e civilizações são interdependentes, ou seja, a sobrevivência de um depende, necessariamente, da sobrevivência do outro.

A produção de alimentos e a melhoria da sustentabilidade urbana foram abordadas em planos urbanísticos que procuraram traçar estratégias para melhorar o ambiente urbano. No final do século XIX, a superlotação das cidades, associada às más condições de vida e ao aumento das epidemias, fomentou o nascimento de um movimento sanitário e higienista internacional, formado por médicos, engenheiros, arquitetos e planejadores urbanos preocupados com a qualidade ambiental urbana. Este pensamento buscou alternativas e soluções sanitárias para a habitação e para as cidades. Uma das suas vertentes propôs que o ambiente urbano adquirisse certas características do ambiente rural, incorporando espaços agrícolas em seus espaços abertos (Philips, 2013).

Desta discussão, surgiu o modelo Cidade Jardim (Fig. 1), desenvolvido em 1898 por Ebenezer Howard no Reino Unido, que propôs uma estrutura urbana descentralizada, enriquecida pela abundância de parque públicos e espaços abertos de plantio, incluindo um cinturão agrícola que envolveria a cidade, onde seriam cultivados alimentos. A proposta também incluía boulevards arborizados dispostos em um padrão radial e pomares distribuídos pelo tecido urbano, que tinham como propósito aproximar o cidadão da natureza (Howard, 1996). Esse modelo se aproxima da busca contemporânea pela presença da natureza entremeada ao ambiente urbano, especialmente nas grandes cidades.

Figura 1

Princípios de crescimento das cidades entremeando núcleos urbanos com áreas rurais



Fonte: Howard, 1996, p. 190.

Em 1848, o arquiteto Decimus Burton inaugurou em Londres o Palm House - grande influência da arquitetura agroindustrial interior, que consistia em uma edificação de grande porte construída em ferro e vidro. Três anos depois, em 1851, outro arquiteto e paisagista, Joseph Paxton concluiu o Crystal Palace, que era como uma grande estufa que abrigava um ecossistema artificial formado por máquinas, fontes de água, canteiros e muitas espécies vegetais, inclusive árvores vivas. Na época, ambas as construções foram concebidas para atender a população de mais alta renda e produzia plantas exóticas, frutas, verduras e legumes oriundos de vários países (Lucena, 2016), e

podem ser consideradas como construções urbanas pioneiras de produção de alimentos em ambientes interiores.

Em 1999, o norte-americano Dickson Despommier, professor emérito de microbiologia e saúde pública da Columbia University, em Nova York, foi o responsável por transmitir ao público o termo “*vertical farming*”, e desde então a terminologia de fazenda vertical passou a ser utilizada para explicar esse processo produtivo indoor.

No mesmo período, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação (2012) delimitou a atividade da agricultura urbana em três grandes modalidades classificadas segundo tipos de cultivo de alimentos e de produtos não alimentares de uso paisagístico em cidades: “alimentar”, “não alimentar” e “Z-Farming” (*Zero-Acreage Farming*). Z-Farming é a forma mais recente de classificação e engloba processos produtivos que não utilizam terra, tais como o hidropônico, que é o mais utilizado nas fazendas verticais.

Efetivamente, o modelo de produção agrícola indoor conhecido como fazenda vertical ganhou muitos adeptos e vem se popularizando nas últimas duas décadas. Atualmente estas são responsáveis pelo emprego de aproximadamente 200 milhões de pessoas e respondem por cerca de 20% da produção mundial de alimentos (Canal Rural, 2021).

No Brasil, a Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) tem realizado pesquisas e desenvolvido tecnologias que favorecem o cultivo de hortaliças em ambiente controlado desde a década de 1990. Mais recentemente, a instituição intensificou as pesquisas em sistemas de produção sem uso de terra, incluindo técnicas, espécies e soluções nutritivas, além de variados substratos e modos de cultivo (Canal Rural, 2021). Esses estudos demonstram a crescente preocupação com o aumento da demanda por novas tecnologias que aproximem a produção agrícola do consumidor final.

3.2 Arquitetura das Fazendas Verticais

Fazendas verticais costumam estar instaladas no interior de edifícios, em ambientes controlados, que visam a produção em larga escala desenvolvida em um espaço reduzido (DESPOMMIER, 2010). O sistema produtivo baseia-se em tecnologia e automação, uma vez que submete a planta a um ambiente altamente controlado. Sua premissa é aumentar a eficiência do cultivo e a qualidade do produto final a um custo operacional reduzido em relação à fazenda tradicional. A proposta prevê uma compreensão do ecossistema natural, que é replicado e otimizado de forma artificial, considerando que todas as condicionantes serão acompanhadas: luz, temperatura, rega e clima, cujo padrão é definido de acordo com o que está sendo produzido (SHENG, 2018).

Para Despommier (2010), existem tecnologias disponíveis e economicamente acessíveis para viabilizar a produção vertical. Uma delas é a tecnologia que simula a luz natural necessária ao desenvolvimento das espécies cultiváveis, que poderia ser feita por meio de lâmpadas LED, tendo como fonte de alimentação energia eólica, solar ou geotérmica (SHENG, 2018).

Para garantir o sucesso do cultivo, deve-se gerenciar a temperatura, a umidade e a segurança, cujo tripé representa, segundo Despommier, a “santíssima trindade” da agricultura em ambiente controlado. Existem ainda 4 aspectos que impactam as construções destes edifícios e podem ser incluídos nos projetos de fazenda vertical para melhor desempenho: (a) captura da luz solar e dispersão uniforme entre as plantações; (b) captura de energia passiva para fornecer uma fonte confiável de eletricidade; (c) emprego de um bom projeto de barreira para proteção de plantas; e (d) maximização da quantidade de espaço dedicado ao cultivo de culturas (Despommier, 2010).

Com iluminação ideal e níveis de água e nutrientes equilibrados, as plantas podem crescer até 5 vezes mais rápido do que quando cultivadas em solo, considerando o mesmo espaço físico (Lucena, 2016). Mas as atuais técnicas de cultivo podem auxiliar nesse processo, oferecendo alimentos sem agrotóxicos ao mesmo tempo em que otimizam o uso do solo.

Apesar das vantagens, restam muitos desafios para os novos modelos de produção de alimentos in natura. Os edifícios urbanos comuns geralmente não são adequados para a produção agrícola e neste ponto, encontra-se o principal entrave à produção de agricultura vertical urbana. Uma condição desejável seria que o fechamento externo da edificação fosse predominantemente transparente ou translúcido, para aproveitamento da luz solar, e construído com materiais como ETFE (Etileno Tetrafluoretileno), sustentados por uma estrutura de cobre maciço, por exemplo, tal como empregado no projeto-piloto da Cúpula do Éden, localizado no sul da Inglaterra. Entretanto, o custo desse tipo de construção tende a ser mais elevado, além de usar uma tecnologia construtiva especializada.

3.3 Principais técnicas de cultivo de alimentos indoor

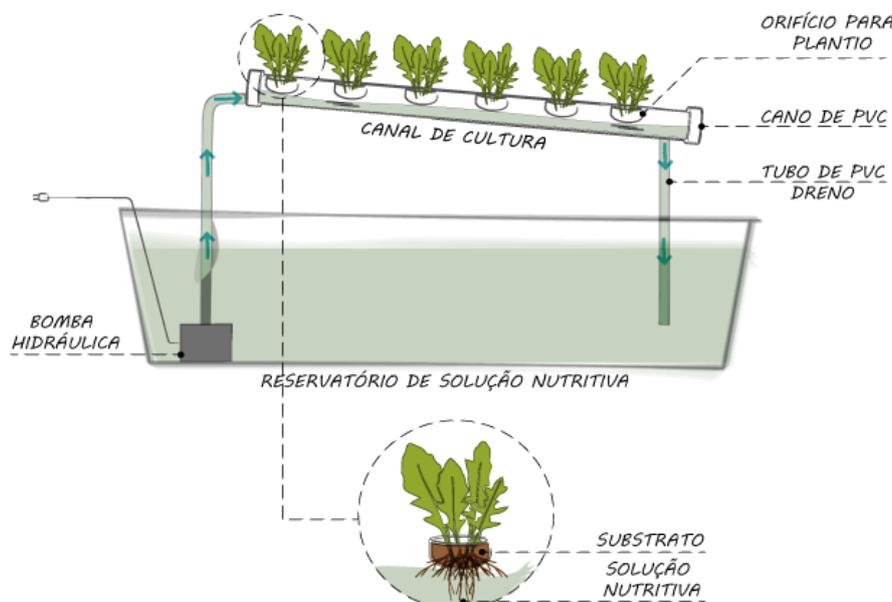
Os sistemas de hidroponia, aquaponia e aeroponia são atualmente a base da agricultura vertical e dispensam a utilização de terra para o plantio. Seu funcionamento está sintetizado a seguir.

3.3.1. Hidroponia

A hidroponia (Fig. 2) corresponde, segundo Domurath e Schroeder (2009), à ciência de cultivar plantas sem solo, onde as raízes recebem uma solução nutritiva balanceada que contém água e todos os nutrientes essenciais ao desenvolvimento da planta.

Figura 2

Esquema do funcionamento da hidroponia



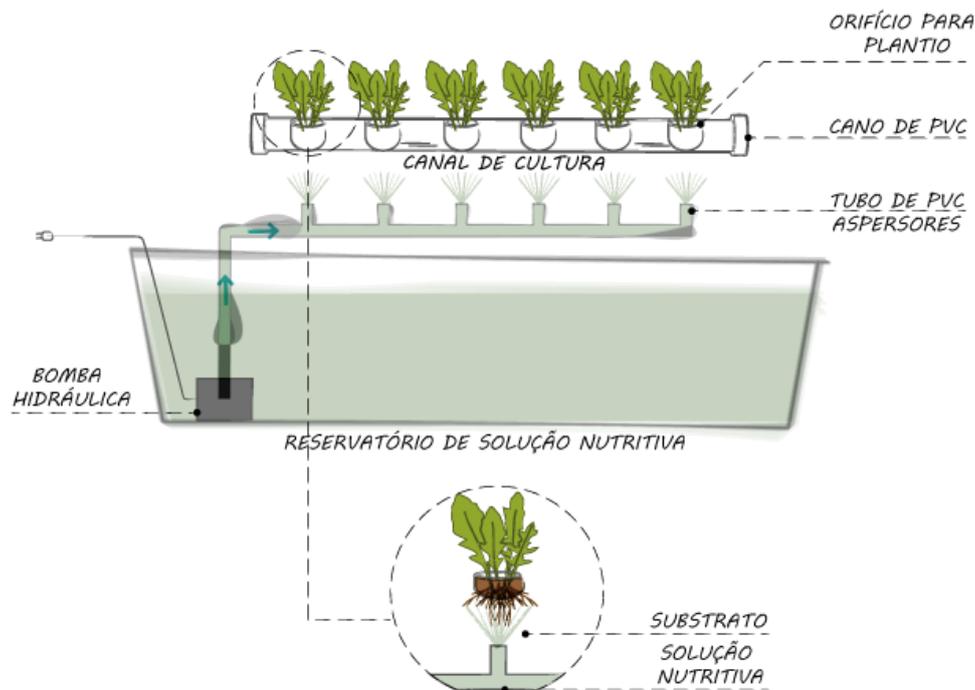
Fonte: Gundim, 2020.

3.3.2. Aeroponia

A aeroponia (Fig. 3) pode ser definida como uma técnica de cultivo em que as plantas permanecem suspensas no ar e recebem uma névoa ou uma massa de gotículas de solução nutritiva. A aeroponia se diferencia da hidroponia por não usar a água como substrato (Ritter, Angulo et.al., 2001).

Figura 3

Esquema do funcionamento da aeroponia



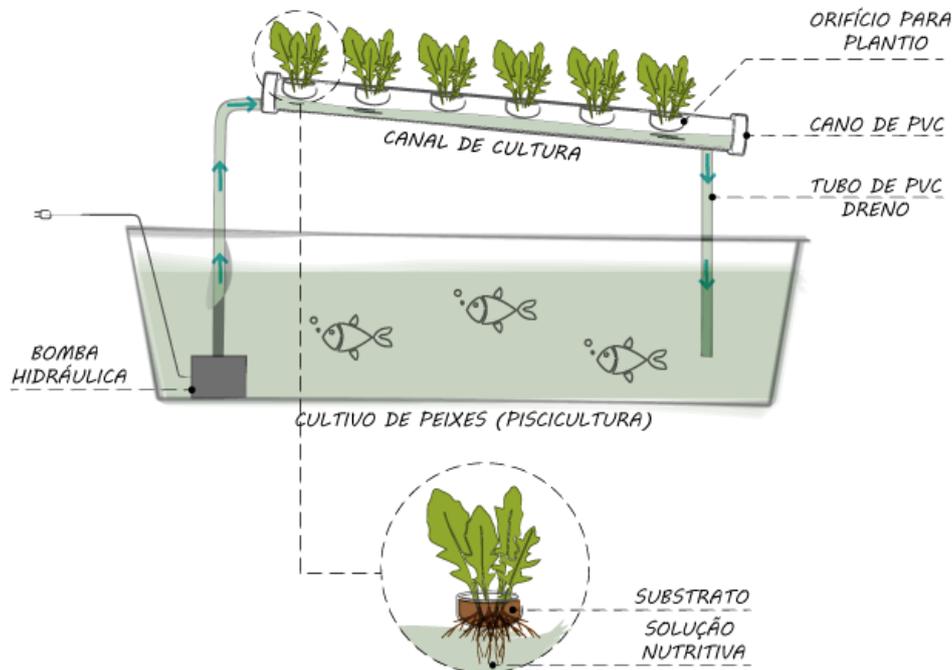
Fonte: Gundim, 2020.

3.3.3. Aquaponia

A aquaponia (Fig. 4) é um sistema de recirculação que combina hidroponia (plantas em crescimento em uma solução nutritiva sem solo) e piscicultura (criação de peixes) para formação de um circuito fechado. De forma simplificada, o processo segue uma sequência: os peixes são alimentados e fazem a fisiologia natural ao expelir suas fezes; as bombas acionam a circulação da água rica em nutrientes dos tanques e são encaminhadas para as raízes das plantas, onde as microbactérias convertem os nutrientes dos resíduos em nutrientes úteis; esses nutrientes são responsáveis pela fertilização das plantas que, por sua vez, purificam a água; a água é então bombeada de volta para os tanques de peixes (Lucena, 2018).

Figura 4

Esquema do funcionamento da aquaponia



Fonte: Gundim, 2020.

O cultivo hidropônico vertical é o sistema mais utilizado no setor, inclusive no estudo de caso abordado neste artigo. De acordo com Bayley (2010) e Graamans (2018), em comparação com o modelo tradicional de produção agrícola (Tab. 1), o cultivo de alface por meio hidropônico apresenta um processo de crescimento (medido por número de dias) pelo menos 3 (três) vezes mais rápido na fazenda vertical do que no sistema tradicional, onde chega a ser produzida até 16 (dezesesseis) vezes mais culturas por metro quadrado. Esse resultado representa uma importante economia de solo. Além disso, com apenas um litro de água é possível produzir até 120 (cento e vinte) quilogramas por metro quadrado de alimento no período de um ano, contra uma colheita de 4 (quatro) quilogramas que demanda 250 (duzentos e cinquenta) litros para o mesmo espaço e tempo da produção realizada em campo aberto. Outro ponto importante de ressaltar é que o cultivo de hortaliças em edificações possibilita um ciclo de produção que dura o ano todo, sem depender diretamente das estações do ano. Além disso, essas culturas não recebem pesticidas ou herbicidas e passam por poucos procedimentos de manuseio depois das colheitas.

Tabela 1

Comparação entre fazenda tradicional e fazenda vertical para cultivo de alface

	Fazenda tradicional	Fazenda Vertical
Processo de crescimento (dias)	70	21
Número de culturas por m ²	18	25-300
Uso de água em litros/kg	250	1
Colheita em kg/m ² /ano	4	80-120
Uso de pesticidas e herbicidas	Frequentemente	Nunca
Ciclo de culturas	Estação do ano	Ano todo
Localização	Campo aberto	Edificação
Manuseio pós colheitas	Alto	Baixo

Fonte: elaborado pelas autoras com base em dados de BAYLEY (2010); GRAAMANS (2018).

É possível aferir que técnicas de cultivo milenares, como a hidroponia, têm sido transformadas em tecnologias sistêmicas de métodos indoor aplicáveis a espaços reduzidos. Atualmente, experiências como a Plenty, Bowery Farming, 80 Acres, InFarm e, mais recente, a Pink Farms são exemplos emblemáticos dentro do contexto mundial de fazendas verticais. Estas experiências indicam para a significativa expansão do setor que resulta no crescimento do potencial agrícola dos espaços urbanos consolidados.

4 PINK FARMS COMO CASO EMBLEMÁTICO

Em São Paulo, município mais populoso do Brasil, algumas iniciativas de agricultura urbana vertical vêm surgindo, entre as quais a Pink Farms. Essa empresa brasileira é especializada na produção de folhosas e *microgreens* (pequenos vegetais para salada) por meio de hidroponia e está localizada em um galpão no bairro Vila Leopoldina, em São Paulo.

A Pink Farms foi criada em 2017 como uma *startup* voltada à produção de hortaliças a partir de técnicas de agricultura urbana vertical. O nome fantasia do negócio representa a cor da iluminação artificial utilizada para acelerar o crescimento das plantas (Fig. 5). A coloração rosa simula a luz do sol e é resultado de uma mistura de luzes vermelhas e azuis que possuem comprimentos de onda que ativam com maior intensidade a clorofila para que a planta realize a fotossíntese.

Figura 5

Sala de cultivo vertical hidropônico da Pink Farms



Foto: Lima, 2021

O processo de produção é realizado dentro de um ambiente isolado, protegido de intempéries, com iluminação 100% artificial, tratamento e reuso de água. A ventilação também é controlada, existem filtros, cortinas de ar. O uso de roupas especiais, que visam impedir a contaminação ambiental, é obrigatório. Desse modo, as culturas não ficam sujeitas às variações do clima, riscos de contaminação por pragas e outras condições que estressam a planta. Esta solução garante constância das condições ambientais e resulta em produtos totalmente livres de agrotóxicos, já que nenhum tipo de defensivo é utilizado.

A empresa adota um sistema de cultivo hidropônico que chega a produzir até 130 vezes mais alimentos do que no campo (Tucci; Iodice, 2019). O galpão se divide em ambientes com pés-direitos altos, onde se distribuem as salas de produção. As salas estão divididas segundo a etapa do sistema produtivo: germinação, cultivo e embalagem, e são precedidas por antecâmaras onde se controla a higiene do que entra e sai das salas de produção.

As salas de cultivo abrigam estruturas metálicas com prateleiras divididas em sete andares que suportam as bandejas onde são cultivadas as hortaliças (Fig. 6 e 7). Essa estrutura permite que a solução composta por água e nutrientes, armazenada em reservatórios inferiores, seja transferida por meio de drenos até os compartimentos superiores, onde também são umidificadas via aspersores. Concomitantemente, sob cada prateleira, lâmpadas LED têm o papel fundamental de induzir o processo de fotossíntese, em conjunto com a iluminação natural oferecida pelas fachadas. Por fim, sobre plataformas elevatórias móveis, é possível realizar a colheita manual do plantio bem como o controle pelos agrônomos e demais técnicos.

Figura 6

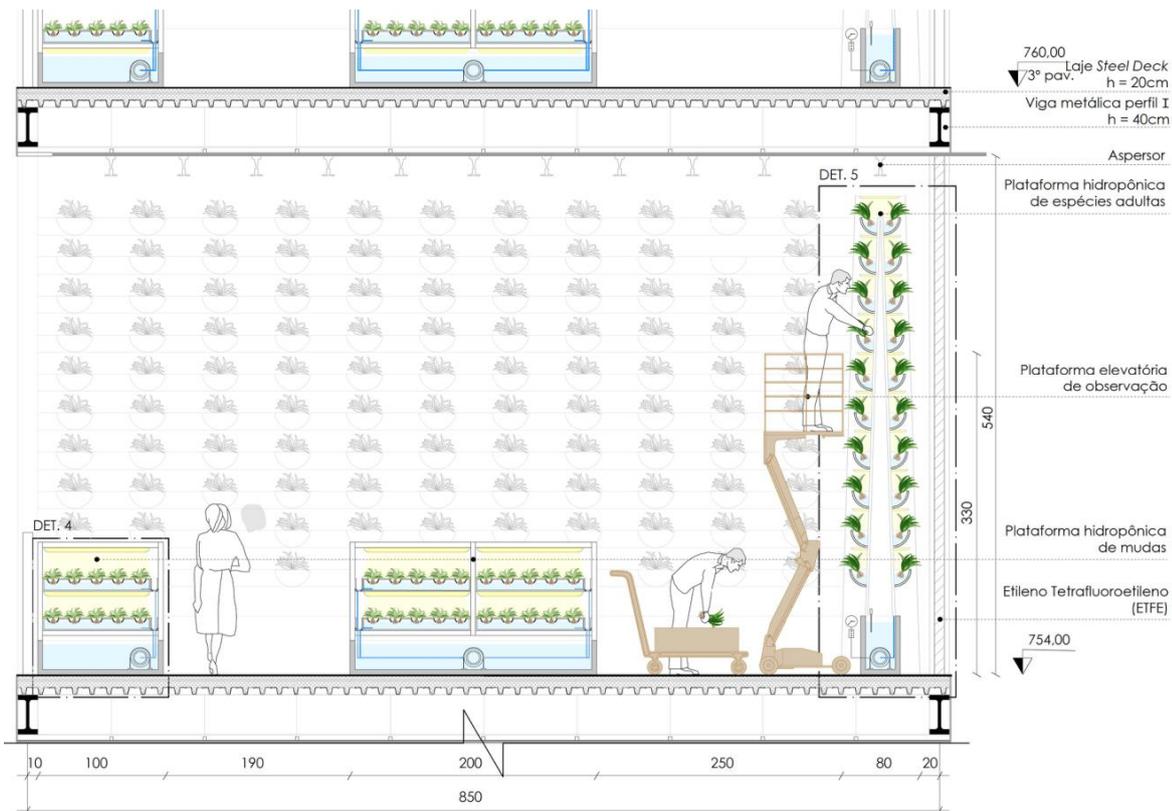
Diferentes etapas da produção na Pink Farms



Foto: Lima, 2021

Figura 7

Corte esquemático de sala de cultivo hidropônico



Fonte:

Gundim (2020).

A água utilizada é reutilizada e bombeada a partir de reservatórios localizados abaixo das prateleiras. Por meio do uso de filtros e reuso, existe uma economia de aproximadamente 95% da água que seria usada em uma plantação convencional (Tucci; Iodice, 2019). Essas torres são altamente produtivas e permitem a variedade de cenários de cultivo de alimentos frescos.

Após testes microbiológicos, as plantas são retiradas das salas de cultivo e embaladas em uma sala específica, e ficam prontas para a distribuição e consumo. Esse ciclo, da germinação à entrega dos alimentos ao consumidor, é acompanhado por meio de um sistema de rastreabilidade, uma estratégia de gestão da qualidade do processo de produção que funciona segundo um sistema fechado.

Atualmente, a produção é de uma tonelada de folhas por mês, ocupando 25% da capacidade de um galpão que equivale a 500 metros quadrados de área produtiva. De acordo com os dados apresentados pela empresa, a ideia da operação é consolidar uma cadeia verticalizada, em que diversos processos são eliminados e a distância até o consumidor é reduzida em mais de 90%. Por ser uma produção local, o produto chega a ser consumido no mesmo dia da colheita, reduzindo as perdas da cadeia em mais de 30 vezes quando comparadas à agricultura tradicional (Tucci; Iodice, 2019).

Este sistema é mais sustentável porque associa a oferta de alimentos frescos à otimização dos deslocamentos e do uso do solo e da água. Por outro lado, apresenta uma perda energética com a operação das bombas, do ar-condicionado e das lâmpadas. Para aumentar a oferta energética, existe a possibilidade de implantação de sistemas de geração de energia a partir de placas fotovoltaicas, por exemplo. Esse aspecto da edificação está sendo estudado como estratégia a ser implantada na Pink Farms.

O modelo produtivo da fazenda foi desenvolvido experimentalmente pela empresa, que contratou consultores e profissionais especialistas em diversas áreas da engenharia, agronomia, marketing, gestão e negócios. A iluminação utilizada para o cultivo é feita por painéis com lâmpadas LED que foram projetados e executados pela própria empresa, o que barateou o valor desse item em oito vezes em relação aos disponíveis no mercado (Tucci; Iodice, 2019).

Segundo os fundadores, ainda não existe uma solução de mercado que atenda a esse tipo de produção, algo que está sendo desenvolvido pela própria empresa que procura expandir seus negócios, abrindo-o para outros investidores, bem como apostando no surgimento de outras empresas semelhantes que possam dinamizar o setor.

Desse modo, tal como se observou na Pink Farm, as novas estratégias de produção alimentar, quando implantadas em grande escala, podem reduzir a pegada de carbono de nossos alimentos, ajudar a criar cidades resilientes e sistemas alimentares mais equilibrados, reduzir os custos de ilhas de calor urbano e da utilização do ar-condicionado, amortizar as demandas de infraestrutura da cidade e, por fim, criar empregos.

5 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES E CONTINUIDADE DO TRABALHO

Os estudos realizados até aqui indicam que o emprego de técnicas de cultivo indoor em fazendas verticais nas cidades pode ser considerado uma solução potencial para dois problemas: a produção de alimentos para uma população urbana crescente sem prejudicar ainda mais o meio ambiente e a preservação das fronteiras agrícolas existentes.

A partir da análise dos dados, verificou-se que os modelos de fazenda vertical têm se apresentado como uma estratégia alternativa para garantir a segurança alimentar dos grandes centros urbanos ao oferecer vantagens como ser fonte de alimento abundante e variado; otimizar

o uso do solo urbano e rural; e minimizar os gastos energéticos por transporte, contribuindo para a sustentabilidade do edifício e do ecossistema urbano.

Casos como a Pink Farms têm demonstrado diversas vantagens do ponto de vista da sustentabilidade econômica e ambiental e em comparação com a agricultura ao ar livre, utilizam um sistema que pode ser desenvolvido durante o ano todo, minimizando as perdas por impacto das intempéries e outros eventos climáticos bem como o uso de combustíveis fósseis para o transporte, com conseqüente redução da emissão de CO₂. Além disso, proporcionam a eliminação do uso de pesticidas e herbicidas, a otimização do uso do solo e da água, o risco zero de contaminação fecal de animais e humanos, e o aumento das oportunidades de trabalho para moradores das grandes cidades.

Evidenciou-se também que os edifícios agrícolas podem ser considerados um modelo de gestão eficiente por se apresentarem como oportunidade para as cidades colaborarem com a produção de alimentos frescos, possibilitarem a otimização do uso dos espaços urbanos na promoção do desenvolvimento local, e colaborarem com a maior estabilidade dos preços dos alimentos frescos.

Por outro lado, nota-se que a implantação de fazendas verticais enfrenta desafios como o gasto energético elevado para a mecanização das atividades; a demanda por adaptação dos edifícios para estas atividades, incluindo sistema de produção de energia e reuso de água; a incompatibilidade das técnicas produtiva estudadas com o sistema de cultivo de uma gama de alimentos frescos, tais como algumas plantas frutíferas; e o baixo nível de desenvolvimento do setor no Brasil.

Além disso, o modelo produtivo adotado ainda é muito próximo do industrial e poderia incluir técnicas mistas de produção, com hortas urbanas construídas sobre lajes e jardins e pequenos pomares que agregariam não só à ecologia como à paisagem urbana. Poderiam conter também espaços de lazer associados, fomentando o turismo urbano-rural.

Observou-se por fim que a agricultura urbana vertical não está condicionada à ruptura dos atuais meios de produção em escala, mas destinada a atuar como uma ferramenta auxiliar na minimização da insegurança alimentar por meio da expansão da oferta de alimentos de forma sustentável e ambientalmente correta, não devendo ser considerada a solução para a estabilidade definitiva da segurança alimentar no mundo.

Como limitações e continuidade desta pesquisa, cabe ressaltar que este trabalho está em etapa inicial de desenvolvimento e sua continuidade incluirá novos estudos de caso a fim de aprofundar e ampliar os resultados obtidos.

Conclui-se que, embora apresente diversos benefícios, o modelo de fazenda vertical mais utilizado atualmente demanda avanços direcionados a aspectos socioambientais que considerem a produção sustentável de alimentos como serviço ecossistêmico a favor da segurança alimentar. Nesse sentido, os novos projetos de edifícios agroprodutivos precisam considerar aspectos sociais, ecológicos, sociais e paisagísticos envolvidos à produção de alimentos frescos, evitando serem pensados apenas como um sistema industrial que pouco agrega às dinâmicas ambientais, sociais e à paisagem urbana.

Contribuições dos autores

RPL Análise formal, Curadoria dos Dados, Supervisão, Validação de resultados, Escrita – Revisão e Edição.

LSG Conceituação, investigação, Metodologia, Escrita – Primeira Redação, Escrita – Revisão e Edição.

Declaração de conflito de interesses

Nada a declarar.

REFERÊNCIAS

- Bayley, Joo., et al. *Sustainable food production using high density vertical growing (Verticrop)*. 2010. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010), p. 95-104.
https://www.researchgate.net/publication/235958130_Sustainable_food_production_using_high_density_vertical_growing_VertiCrop
- Canal Rural. *Embrapa aposta em fazendas verticais que podem beneficiar a produção de alimentos*. 2021.
<https://www.canalrural.com.br/programas/embrapa-aposta-em-fazendas-verticais-que-podem-beneficiar-producao-de-alimentos/>
- Despommier, Dickson. *The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century*. 1ª ed. New York: Thomas Dunne Books, 2010.
- Domurath, N.; SCHROEDER, F. G. Vertical hydroponics for urban areas, *ISHS Acta Horticulturae, Wageningen*, n. 843, p. 249-254, 2009. https://www.ishs.org/ishs-article/843_32
- Graamans, Luuk., et al. Plant factories versus greenhouses: Comparison of resource use efficiency. 2018. *Agricultural Systems*, 160, 31-43.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X17307151>
- Gundim, Lady. *Cluster de Agricultura Urbana: a arquitetura como sistema produtivo*. Orientadora: Prof.ª Dra. Renata Priore Lima. 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Paulista (FAU-UNIP), São Paulo, 2020.
- Howard, Ebenezer. *Cidades-Jardins de Amanhã*. São Paulo: HUCITEC, 1996.
- Lucena, Leandro. *Fazendas Urbanas I: alternativas à segurança alimentar*. 1ª edição. Curitiba: Primas Agro, 2016.
- Lucena, Leandro. *Fazendas Urbanas II: modalidades da agricultura urbana para segurança alimentar*. 1ª edição. Curitiba: Primas Agro, 2018.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO). *Criar Cidades mais Verdes*. 2012. <https://www.fao.org/3/i1610p/i1610p00.pdf>
- Philips, April. *Designing Urban Agriculture: a complete guide to the planning, design, construction, maintenance and management of edible landscapes*. 1ª ed. New Jersey: Wiley, 2013.
- Ritter, Enrique, et al. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. *Potato Research*, Sydney - AUS, v. 44, n. 2, p. 127-135, 2001.
https://www.researchgate.net/publication/226597794_Comparison_of_hydroponic_and_aeroponic_cultivation_system_for_the_production_of_potato_minitubers#:~:text=Two%20different%20cultivation%20systems%2C%20aeroponics,about%20seven%20months%20after%20transplanting.

Sheng, Jie. *Vertical Farming Feasibility: The Opportunities and Challenges of Adapting Vertical Agriculture*. 2018. <https://mlws.landfood.ubc.ca/all-projects/sheng-2018-vertical-farming-feasibility-the-opportunities-and-challenges-of-adapting-vertical-agriculture/>

Tucci, Amanda; IODICE, Giulianna. *Como a brasileira Pink Farms virou pioneira em fazenda vertical*. <https://forbes.com.br/negocios/2020/04/como-a-brasileira-pink-farms-virou-pioneira-em-fazenda-vertical>