

# O AGRONÔMICO

Boletim Técnico-Informativo do Instituto Agrônomo - Volume 70 - 2018 - Série Técnica APTA - ISSN 0365-2726



**Bioeconomia: cultivando  
a vida e colhendo o futuro**



a n o s

**IAC**

INSTITUTO AGRÔNOMO

Transformando o  
desenvolvimento sustentável  
em realidade

# Bioeconomia:

## Promoção da horticultura urbana do século XXI



**Bioeconomia, o aumento da população mundial e a produção de alimentos**

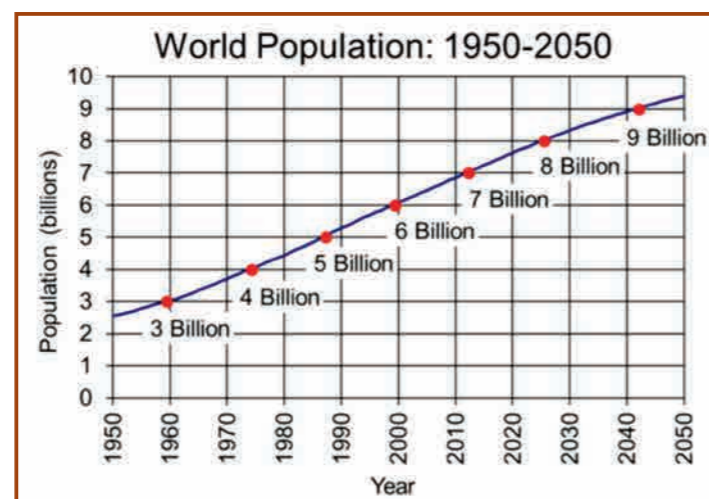
A bioeconomia pode ser definida como uma economia sustentável que reúne todos os setores da economia que utilizam recursos biológicos ou seres vivos. Esse mercado destina-se a oferecer soluções coerentes, eficazes e concretas para os grandes desafios sociais, como a crise econômica, as mudanças climáticas, a substituição de recursos fósseis, a segurança alimentar e a saúde da população.

Segundo a Federação das indústrias do Estado de São Paulo (FIESP), essa atividade econômica é dependente de pesquisa multidisciplinar e visa a transformar o conhecimento e novas tecnologias em inovação para a indústria e para a sociedade. Dados da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD)

mostram que a bioeconomia movimentada, no mercado mundial, cerca de 2 trilhões de euros, o que gera cerca de 22 milhões de empregos.

Dentro da bioeconomia, existe a figura fundamental do agricultor. Esse profissional, agora chamado de empresário rural, precisa ter produtos em quantidade, com qualidade, no momento desejado pelo mercado para não ser excluído da cadeia produtiva, cada vez mais exigente e crescente. Portanto, dentro da agricultura do século XXI, produzir mais com menos é uma premissa.

Simultaneamente à exigência do mercado, a população mundial cresceu de 3 bilhões em 1959 para 6 bilhões em 1999, dobrando em 40 anos. As projeções do censo americano apontam para um crescimento mais lento, mas ainda contínuo no século XXI, chegando a 9 bilhões em 2042 (Figura 1).



**Figura 1.** Projeção do crescimento da população mundial 1950-2050, segundo dados do censo Norte-Americano (2017). Fonte: [https://www.census.gov/population/international/data/worldpop/graph\\_population.php](https://www.census.gov/population/international/data/worldpop/graph_population.php)

O crescimento contínuo da população mundial e o aumento no consumo dos alimentos demandarão incremento na sua produção em 70 a 100% até 2050, como discutido em diversos estudos.

Desse modo, temas relacionados ao aumento da população e à produção de alimentos, além da sustentabilidade do processo produtivo, são discutidos em diversas esferas da sociedade. A National Geographic Society, por meio de suas publicações, vem abordando o tema. Em meados de 2014, com o artigo “Comer: a nova revolução na alimentação” (<https://www.nationalgeographic.com/food/features/feeding-9-billion/>), lançou uma plataforma exclusiva de reportagens ([natgeofood.com](http://natgeofood.com)) dedicada a discutir como nos alimentamos hoje e como podemos prover alimento para a crescente população mundial, além de abordar as mudanças climáticas e seus impactos nas regiões de produção.

Dentro das discussões atuais, a agricultura urbana e vertical *indoor*, sistemas de produção que facilitem o cultivo em ambientes fechados, economia de insumos, novos produtos ou genótipos mais produtivos e atrativos ao consumidor e a biofortificação agrônômica podem auxiliar a promover a agricultura do século XXI.

### Agricultura urbana e cultivo vertical *indoor*

Considerando as tendências globais, como as alterações climáticas e a escassez de recursos, novas abordagens são necessárias para tornar as cidades mais sustentáveis, uma vez que o crescimento da urbanização é inevitável. A dinâmica do crescimento e do desenvolvimento urbano

tem colocado sérias questões de produção, processamento, transporte e consumo de alimentos. Assim, a produção de alimentos se encontra em um cenário desafiador: atender à rápida mudança na demanda por alimentos utilizando a mesma área (ou menos) agricultável com soluções sustentáveis para produção.

Uma das alternativas para enfrentar esse desafio é o uso de tecnologias que promovam a integração de produção de alimentos e grandes centros. Dessa forma, será possível auxiliar a mitigar o impacto do desenvolvimento urbano sobre a agricultura e o meio ambiente.

Nesse contexto, analistas de cenários futuros e empreendedores em todo o mundo compartilham uma visão de cidades como espaços de produção de alimentos a fim de atender a uma gama de necessidades sociais e ecológicas, o que tornou, nos últimos anos, a agricultura urbana um assunto de interesse de pesquisadores ao redor do mundo, além de ser tema de discurso público em alguns países.

A agricultura urbana é um meio de promover maior sustentabilidade às cidades e aproximar a produção de alimentos dos consumidores dos grandes centros, disponibilizando alimento fresco em quantidade e qualidade. A produção local de alimentos, além de aproximar produtores e consumidores, apresenta vantagens, como menor desperdício do produto, redução do custo financeiro com logística de distribuição, mitigação de impactos ambientais, como a redução da emissão de gases do efeito estufa e, ainda, contribui para a qualidade de vida pela inserção social e ambiental em grandes centros.

Dentro da agricultura urbana, um novo



Luis Felipe Villani Purquerio<sup>1</sup>  
Carolina Cinto de Moraes<sup>2</sup>  
Thiago Leandro Factor<sup>3</sup>  
Alex Humberto Calori<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Instituto Agrônomo – IAC/APTA, [felipe@iac.sp.gov.br](mailto:felipe@iac.sp.gov.br);

<sup>2</sup> Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agrônomo – IAC/APTA, [carolcmoraes@hotmail.com](mailto:carolcmoraes@hotmail.com);

<sup>3</sup> Polo Nordeste Paulista – DDD/APTA, [factor@apta.sp.gov.br](mailto:factor@apta.sp.gov.br);

<sup>4</sup> Aeroponica, [contato.aeroponica@gmail.com](mailto:contato.aeroponica@gmail.com)





ramo vem se desenvolvendo nos últimos anos, a agricultura vertical, que consiste da produção de plantas dentro de uma estrutura localizada principalmente em centros urbanos, onde são adaptados espaços para produção em cultivo sem solo ou hidropônico. Segundo alguns autores, o conceito de agricultura vertical é uma expansão em larga escala da agricultura urbana dentro de um edifício. Esses mesmos autores ainda afirmam que um crescente número de projetos de agricultura urbana está sendo estabelecido utilizando espaços dentro dos prédios abandonados.

O cultivo *indoor* possibilita a produção em qualquer lugar sem luz, como salas existentes nos prédios de restaurantes, cozinhas industriais ou empresas localizadas dentro de grandes centros urbanos, aproximando o produto do consumidor final.

Em 1915, Bailey cunhou o termo 'agricultura vertical'. Desde então, arquitetos e cientistas, especialmente no final do século XX, trabalham a ideia de produzir alimentos em ambientes urbanos devido ao crescimento da população humana e às pressões exercidas sobre os recursos para a produção de alimentos. Cita-se o exemplo da Dinamarca, que foi o primeiro país, na década de 1950, a tentar cultivar agrião (*Nasturtium officinale*) em grande escala num ambiente fechado dentro de uma casa. Atualmente, a agricultura urbana vem atraindo atenção de empresários em vários países. Na Coreia do Sul, China, Cingapura, Itália, Holanda, Reino Unido, Jordânia, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos e Canadá, esse modelo agrícola vem avançando com maior velocidade. No Japão, Alemanha e Estados Unidos, a agricultura vertical *indoor* já é praticada para produ-

ção de alimentos em larga escala. Como exemplo, cita-se a fazenda urbana *Greenn Sense Farm*, nos Estados Unidos (<http://greensensefarms.com/>), que já utiliza o conceito de verticalização da produção, cultivando plantas de hortaliças folhosas e condimentares até a idade adulta (Figura 2). No Brasil, esse tipo de produção ainda não é explorado, no entanto já há um reconhecimento de que a agricultura urbana é promissora para o futuro.



**Figura 2.** Agricultura urbana com produção em larga escala, mostrando a verticalização do sistema e iluminação com LED (Diodo Emissor de Luz). Fonte: <http://www.greensensefarms.com/>

No cultivo *indoor*, existe a possibilidade do controle total das condições ne-

cessárias para alcançar ótimas produtividades, com vantagens sobre a agricultura tradicional no tocante à sazonalidade da produção (cultivo durante o ano todo) e ausência de perdas em função do clima, menor consumo de água (70-90%), otimização do espaço, bem como aumento na qualidade do produto pela ausência de contaminação biológica. Além disso, uma instalação ideal pode minimizar ou mesmo eliminar o uso de defensivos.

No entanto, o custo de implantação é o principal aspecto negativo no uso do cultivo *indoor* segundo diversos profissionais da área entrevistados no Reino Unido (Al-Chalabi, 2015), que afirmam que esta é uma área nova e mais estudos são necessários, principalmente com a redução de custos de tecnologias.

A produção hidropônica, em especial a aeropônica, pode ser um dos principais métodos para o cultivo vertical *indoor* para uma grande variedade de culturas, pois o consumo da água é muito menor em relação a outros sistemas de cultivo. Além disso, esse sistema de produção permite o melhor manejo de empilhamento de estruturas na agricultura vertical devido ao menor peso em comparação com lâminas de água nos sistemas DFT e NFT.

Devido aos avanços na tecnologia hidropônica e aeropônica, iluminação através de LEDs e energia fornecida por meio de painéis solares, é possível ter agricultura *indoor* nas cidades, o que propicia a criação de centros de produção e consumo integrados com as comunidades urbanas e suburbanas.

Pelo exposto, nota-se a importância e as vantagens da agricultura urbana no mundo e a possibilidade da sua verticalização para

otimizar o espaço de cultivo. No Brasil, existem poucos estudos no tocante à agricultura vertical *indoor*, sendo um campo aberto à pesquisa e ao desenvolvimento, além de negócios para empresas inovadoras.

Outro viés para a agricultura urbana, vertical, *indoor*, poupadores de insumo é o cultivo no espaço. Há décadas o espaço vem sendo explorado. Porém, na maioria das vezes, são enviadas sondas espaciais, que são naves sem tripulação, para a realização de estudos e experimentos. Após cumprir sua missão, as sondas, na maioria das vezes, não retornam ao planeta Terra.

Mais recentemente, entretanto, tem-se intensificado os esforços e os planos para a exploração do espaço e até de outros planetas por seres humanos. Um exemplo desse esforço é o projeto liderado pela equipe da Universidade do Arizona em parceria com a *Kennedy Advanced Life Support Research da NASA (National Aeronautics and Space Administration)*, chamado *Mars Greenhouse Project* (<https://www.nasa.gov/feature/lunar-martian-greenhouses-designed-to-mimic-those-on-earth>) (Figura 3).



**Figura 3.** Protótipo de estufa para a colonização de marte (A) e simulação do habitat (B). Fontes: <https://www.nasa.gov/feature/lunar-martian-greenhouses-designed-to-mimic-those-on-earth> e CEAC/Universidade do Arizona.





O protótipo envolve uma estufa agrícola inflável e desdobrável para apoiar a produção de plantas em sistema hidropônico, revitalização do ar, reciclagem de água e de resíduos. O processo é chamado de biogenerativo de sustentação da vida, porque prevê o máximo possível de sustentabilidade do sistema.

O protótipo prevê sistema híbrido de fornecimento de radiação para a fotossíntese, natural e artificial, sendo a luz solar capturada com o apoio de concentradores de luz que acompanham o sol e, em seguida, transportada até as plantas por meio de feixes de fibra óptica.

Apesar de aparentemente tratar-se de um filme de ficção científica, haja vista os desafios de cultivo em ambientes não terrestres, os esforços recentes da pesquisa mundial têm mostrado que em um futuro próximo talvez seja possível se produzirem alimentos em outros planetas.

#### Sistemas de produção: hidroponia e aeroponia

A hidroponia é um tipo de cultivo sem solo, em que é possível cultivar plantas com água e nutrientes ou apenas solução nutritiva. É uma técnica antiga. Os primeiros relatos de uso são datados de 600 a.c. nos jardins suspensos da Babilônia. Com séculos de aperfeiçoamento, passou de tecnologia rudimentar para técnica com potencial de uso para a produção de alimentos no espaço, inclusive em outros planetas, como descreve o objetivo do projeto CELSS (*Controlled Ecological Life Support System* - <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19910030115>). Os sistemas hidropônicos mais conhecidos são o *nutrient film technique* (NFT), o *deep flow*

*technique* (DFT), também chamado de *floating* e aeropônico. No Brasil, predomina o sistema NFT, sendo a maior parcela para o cultivo de hortaliças folhosas, como alface, rúcula, almeirão, chicória, salsa, entre outras.

O sistema NFT é baseado no cultivo de plantas com circulação de solução nutritiva nas raízes com espessura laminar. A solução é bombeada para os canais de cultivo atravessando e retornando para o reservatório, constituindo um sistema fechado, ou seja, há o reaproveitamento da solução nutritiva. Dentre as vantagens do sistema NFT, destacam-se maior produtividade e velocidade de produção em relação às verificadas no cultivo convencional (solo), uso mais eficiente de água e fertilizantes, ausência de plantas daninhas, melhor qualidade do produto obtido, menor utilização de mão de obra, menor utilização de defensivos agrícolas. As desvantagens do sistema são o custo de instalação e manutenção, a dependência de energia elétrica e a exigência de conhecimento técnico para sua realização.

A aeroponia ou o cultivo aeropônico consiste na nebulização de gotículas (5 a 100 µm) de solução nutritiva nas raízes das plantas, que por sua vez estão suspensas no ar, em meio escuro, sem impedimento para o crescimento. O primeiro pesquisador a descrever esse tipo de cultivo de plantas no ar, com o objetivo de examinar o crescimento de raízes, foi Dr. Carter, em 1976. Quinze anos depois, Went (1957) cunhou o termo "aeroponia".

As principais vantagens da aeroponia para o cultivo de plantas são maior oxigenação e menor impedimento físico para o crescimento das raízes, maior economia

de água (até 98%) e fertilizantes (até 60%), bem como facilidade de verticalização do cultivo, uma vez que não há uso de substratos e nem grandes quantidades de água na estrutura de cultivo que confirmam peso e dificultem sua sustentação. Assim, o sistema aeropônico, construído com materiais leves, pode ser facilmente empilhado em prateleiras comerciais, como estantes e suportes metálicos, sendo uma excelente opção para o cultivo vertical *indoor*.

A aeroponia também apresenta desvantagens que devem ser levadas em consideração, como a vulnerabilidade à queda de energia, maior custo de investimento inicial e falta de informações para adoção e condução do sistema. Essa técnica já foi aplicada com sucesso, com ótima produtividade para diferentes espécies, incluindo alface, tomate, pepino, batata, plantas

medicinais, plantas ornamentais e flores, especificamente no Estado de São Paulo (<https://www.youtube.com/watch?v=a-J7RI06RtK4>).

Além de servir como sistema produtivo, a aeroponia tem sido utilizada para estudos sobre deficiências nutricionais, processos bioquímicos e moleculares nas raízes, desenvolvimento e exsudação das raízes, resposta da planta à salinidade e como ferramenta de seleção para o melhoramento genético de plantas.

Esse sistema produtivo pode ser montado na forma de módulos retangulares, painéis inclinados ou armações do tipo A e em tubos verticais de policloreto de vinila (PVC) (Figura 4). As raízes que ficam suspensas no escuro são pulverizadas com uma solução nutritiva em intervalos regulares (Figura 5).



**Figura 4.** Sistema de produção aeropônico para minitubérculos de batata em módulos retangulares (A), para *baby leaf* em painéis inclinados ou armações do tipo A (B) e para produção de hortaliças em tubos verticais (C). Fontes: Factor, T. L.; <https://www.aerospringgardens.com/>



**Figura 5.** Sistema radicular da planta de batata tuberculando em cultivo aeropônico. Fonte: Factor, T. L.





No Brasil, para o cultivo de hortaliças folhosas ou de *baby leaf*, nunca se estudou ou se desenvolveu sistema de produção aeropônico em escala comercial. A utilização desse sistema, pelas vantagens descritas, pode auxiliar a produtividade e verticalização de sistema de produção, entre outros fatores.

A equipe da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), mais especificamente do Instituto Agronomico de Campinas (IAC) e do Polo Nordeste Paulista, tem experiência com o sistema aeropônico, tendo desenvolvido a primeira estrutura aeropônica em escala comercial para produção de minitubérculos de batata semente, dentro do projeto “Desenvolvimento de sistema, avaliação da densidade de plantas e condutividade elétrica da solução nutritiva na produção de batata semente em aeroponia” (FAPESP nº 2012/50786-8). A orientação de um doutorado foi finalizada no início de 2017, na pós-graduação em Agricultura Tropical e Subtropical do IAC, tendo como resultado desenvolvimento de um sistema em dimensões comerciais de boa durabilidade e fácil manejo, assim como o aprimoramento do manejo nutricional e cultural da batata nesse ambiente e sistema de cultivo. Publicações decorrentes do projeto já estão à disposição, além de entrevistas em variadas mídias (Dia Rural/BAND-TV – Terra Viva [http://tvuol.uol.com.br/videos/band-terra-viva\\_8tncj14f7l3t/](http://tvuol.uol.com.br/videos/band-terra-viva_8tncj14f7l3t/); TVD Notícias <https://www.facebook.com/422692211134895/videos/694355483968565/?permPage=1>; Revista do Campo – RIT-TV <https://www.youtube.com/watch?v=aJ7RI06RtK4>).

O desenvolvimento tecnológico de um

sistema aeropônico para cultivo de hortaliças folhosas, com destaque para *baby leaf*, que possibilite posterior verticalização *indoor* é interessante para inserção e viabilização dessa forma de cultivo em grandes centros urbanos, como a cidade de São Paulo.

**Novos produtos para o cultivo *indoor*: *baby leaf*, mini-hortaliças e *microgreens***

No Brasil, o consumo de hortaliças e frutas ainda é pequeno, com a média de 73,9 g por habitante por dia, segundo dados publicados da última Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF/IBGE. Quando comparado a alguns países desenvolvidos da Europa e América do Norte, a diferença é contrastante. A média de consumo nesses países é maior que 411,2 g por habitante por dia. Segundo recomendação da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da *Food and Agriculture Organization* (FAO), especialmente em países em desenvolvimento, é sugerida a ingestão de no mínimo 400 g de frutas e hortaliças (exceto as amiláceas) por dia para a prevenção de doenças crônicas como as cardíacas, câncer, diabetes e obesidade, bem como para suprimento de micronutrientes. Portanto, o Brasil tem muito para crescer no tocante à qualidade da alimentação da população.

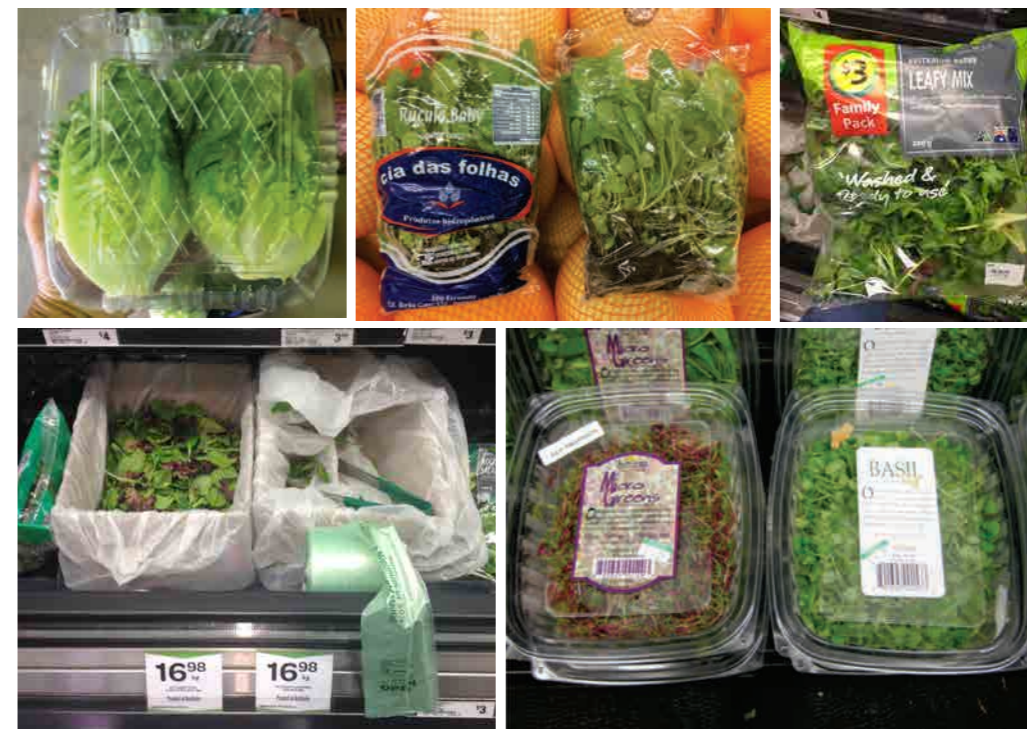
Inovações como mini-hortaliças e *baby leaf* e *microgreens* podem ajudar a estimular a demanda de hortaliças por parte da população brasileira, inclusive das crianças, que têm simpatia por produtos de tamanho reduzido e de coloração diversificada, podendo ser uma contribuição para o combate da obesidade, principalmente a infantil. Esses produtos, pelo seu tamanho reduzido,

também têm grande possibilidade de cultivo na agricultura urbana vertical *indoor*.

As mini-hortaliças são hortaliças geneticamente miniaturizadas ou têm o tamanho reduzido por meio de processamento. As hortaliças *baby* são obtidas por meio de práticas culturais. No caso das folhas *baby* ou *baby leaf*, como são conhecidas, é realizada a colheita antecipada das folhas em relação ao tempo que tradicionalmente se costuma colher para o consumo, de modo que as folhas ainda são jovens e não estão expandidas completamente. As *microgreens* são plântulas jovens e tenras de dife-

rentes espécies herbáceas e aromáticas, colhidas entre 7 e 21 dias após a germinação, quando as folhas cotiledonares estão totalmente desenvolvidas e as primeiras folhas verdadeiras estão presentes.

O produto pode ser comercializado embalado, higienizado e pronto para o consumo *in natura* na forma de salada crua ou na forma de folhas soltas a granel. As folhas podem ser comercializadas separadamente por espécie ou na forma de *mix*, com folhas de diferentes espécies misturadas. A combinação de diferentes espécies oferece alto valor nutricional ao produto.



**Figura 5.** Minialface comercializada na forma de duas plantas por embalagem (A), *baby leaf* de rúcula comercializada com o sistema radicular para o consumo *in natura* (B), mix de espécies de *baby leaf* higienizada e pronta para o consumo *in natura* (C), comercialização a granel de *baby leaf* (D) e *microgreens* comercializadas separadamente e na forma de mix (E).







O cultivo de *baby leaf* pode ser realizado de diversas formas: no solo, dentro ou fora de ambiente protegido, e sem solo, em bandejas utilizadas para produção de mudas, em hidroponia NFT e até mesmo em aeroponia.

A produção de *baby leaf* em bandejas assemelha-se ao que é feito na produção de mudas de hortaliças folhosas, com cultivo em recipientes coletivos (bandejas). No caso de mudas, as plantas são cultivadas até a idade de transplante, pertinente a cada espécie. No caso da *baby leaf*, as plantas podem permanecer nos recipientes, por um período maior, até o momento da colheita, que também varia conforme a espécie cultivada e o comprimento da folha que se deseja para caracterizar o produto.

A fim de desenvolver sistemas para a produção de *baby leaf* em ambiente protegido no Brasil, as equipes do IAC e do Polo Nordeste Paulista desenvolveram projeto inicial que avaliou quatro diferentes espécies (alface, agrião, beterraba e rúcula) em bandejas para produção de mudas com diferentes volumes de células (15, 24, 27, 31, 55, 70 e 100 cm<sup>3</sup>). Como resultado, verificou-se a possibilidade da produção de *baby leaf* em bandejas, com destaque para as de volumes de célula de 24, 27 e 31 cm<sup>3</sup>, dependendo da espécie utilizada.

Posteriormente, com financiamento do CNPQ (Universal - 477615/2011-2), foi dada continuidade ao desenvolvimento do sistema de produção em bandejas para *baby leaf*, com avanços no reaproveitamento do substrato utilizado. Verificou-se a possibilidade de até três reusos do substrato de fibra de coco no cultivo de alface, bem como a eficiência da solarização na eliminação dos patógenos *Pythium apha-*

*nidermatum* e *Rhizoctonia solani*.

Entre os métodos de cultivo hidropônico, o sistema de *floating*, o NFT e a aeroponia podem ser utilizados para produção de *baby leaf*. No sistema NFT, também foi realizada pesquisa com financiamento do CNPQ (Universal - 477615/2011-2), visando ao seu desenvolvimento. Foram estudadas diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva e espaçamento entre plantas para alface, agrião, beterraba e rúcula. Verificou-se para agrião, beterraba e rúcula que a condutividade elétrica de 1,6 mS cm<sup>-1</sup> possibilitou as maiores produtividades de 5,5; 4,1 e 3,3 kg m<sup>-2</sup>. Para alface, verificou-se 3,1 kg m<sup>-2</sup> com 1,4 mS cm<sup>-1</sup>, condutividade inferior à observada para as demais espécies. Com relação ao espaçamento entre plantas, as maiores produtividades para todas as espécies foram observadas no menor espaçamento de 2,5 cm.

Em virtude de a *baby leaf* ser um novo produto no Brasil, que ainda atende a um nicho de mercado, seus sistemas de produção ainda não estão consolidados, e os produtores estão realizando adaptações para atender à demanda de mercado, como pode ser verificado no programa "Mini-hortaliças: nova tendência de mercado" (<https://www.youtube.com/watch?v=g1YQSEOS-qoQ>), porém ainda sem o suporte adequado fornecido pela pesquisa em todas suas etapas, apesar do desenvolvimento gerado com as pesquisas supracitadas.

No caso do crescimento da demanda do produto, existe a possibilidade de utilização de todos os sistemas de produção citados anteriormente, porém há necessidade de pesquisa para seu aprimoramento, bem como para o desenvolvimento de novos equipamentos, como máquinas

para plantio e colheita, que possibilitem a produção em escala.

Pelas características apresentadas anteriormente, o sistema aeropônico é uma das opções mais interessantes para a produção de minialface e *baby leaf* no cultivo vertical *indoor*, porém, no Brasil, esse sistema de cultivo nunca foi estudado ou construído em escala comercial com essa finalidade.

#### Biofortificação agrônômica e as hortaliças folhosas

Uma grande preocupação entre os profissionais da agricultura é aumentar a produtividade das culturas para atender à demanda de alimentos da população mundial; assim, técnicas de cultivo e de melhoramento genético de cultivares resistentes a condições adversas vêm sendo estudadas e desenvolvidas. Houve aumento da produtividade em diversos locais, porém, além das características produtivas, é importante considerar a qualidade nutricional dos alimentos produzidos, a qual tem sido negligenciada. Esse fenômeno, segundo alguns autores, tornou-se o principal responsável pelo aumento dos casos de desnutrição em seres humanos.

A baixa ingestão dietética do zinco, por exemplo, ocorre em decorrência dos baixos teores desse nutriente nos alimentos, sendo uma das principais razões para a deficiência do zinco na população humana. Sua deficiência prevalece nos países de baixa e média renda, o que prejudica uma vasta gama de funções bioquímicas e fisiológicas, provocando diversos tipos de câncer, infertilidade, diminuição de massa, queda de cabelo, unhas deformadas, perda do paladar, atraso no desenvolvimento esquelético, mental e maturidade sexual, di-

minuição da capacidade de aprendizagem, dermatites, diarreia persistente, diminuição do sistema imunológico e alta suscetibilidade a doenças infecciosas e dificuldade na cicatrização das feridas. Estima-se que pelo menos um terço da população mundial sofra com a deficiência de zinco, principalmente crianças. Cerca de 800.000 mortes por ano no mundo entre crianças menores de cinco anos podem estar associadas a essa deficiência.

Sendo assim, aumentar a concentração de nutrientes nas plantas de culturas alimentares, visando a uma melhor produtividade e a uma melhoria da saúde humana, é um importante desafio da agricultura do século XXI.

Uma estratégia seria o enriquecimento de nutrientes nas partes comestíveis das plantas cultivadas, o qual pode ser feito através de engenharia genética ou a partir de métodos agrícolas, em especial a fertilização, que é conhecida como biofortificação e tem como objetivo aumentar as concentrações biodisponíveis de micronutrientes nos alimentos. Assim, a ingestão de alimentos biofortificados pode manter teores adequados do nutriente no organismo humano, além de incrementar a produtividade das culturas em solos inférteis.

A biofortificação exige que a pesquisa agrícola seja vinculada aos setores de saúde e nutrição humana, o que requer uma abordagem de pesquisa multidisciplinar, ou seja, os cientistas devem estar abertos a ultrapassar as fronteiras disciplinares, além de consolidar estratégias de financiamento à pesquisa.

O melhoramento genético convencional tem sido o principal foco de programas para biofortificar as culturas alimentares







básicas com níveis suficientes de carotenoides de ferro, zinco e provitamina. Um dos grandes promotores da biofortificação genética é o programa *HarvestPlus*, uma aliança global de instituições e cientistas que procuram desenvolver novas variedades de feijão, mandioca, milho, arroz, batata doce e trigo que apresentam maiores teores de zinco, ferro e vitamina A, nutrientes essenciais que mais faltam na dieta humana, segundo a *World Health Organization*. Dentro do *HarvestPlus*, foi criado o *HarvestZinc*, que desenvolve estratégias de uso de fertilizantes aplicados ao solo e foliares para melhorar a concentração de zinco em trigo e arroz na China, Índia, Tailândia, Paquistão, África do Sul e Brasil; dessa forma, esse programa disponibiliza materiais e tecnologias de cultivo para a obtenção de alimentos mais nutritivos, além de produtivos.

A biofortificação de micronutrientes em alimentos por meio de fertilizantes, como a conduzida pela *HarvestZinc*, é denominada biofortificação agrônômica, uma solução rápida para a melhoria da qualidade nutricional dos alimentos e que pode ser considerada uma complementação para o sucesso dos programas de biofortificação genética. Existe, portanto, a necessidade de unir o potencial genético das culturas com estratégias de adubação. A biofortificação agrônômica tem sido bastante estudada em algumas culturas, principalmente para grãos e cereais, o que é sensato, uma vez que essas culturas representam a maioria das calorias consumidas, especialmente em países em desenvolvimento, onde a necessidade de biofortificação é predominante. No entanto, uma estratégia complementar seria a biofortificação de

hortaliças folhosas atrelada à promoção do consumo, pois estas contêm muito mais zinco, por exemplo, do que os cereais.

Estudos indicam que as famílias *Brassicaceae*, *Euphorbiaceae* e *Asteraceae*, nas quais há uma vasta gama de espécies de hortaliças folhosas, contêm uma alta porcentagem de plantas hiperacumuladoras de elementos minerais. Plantas hiperacumuladoras são definidas como tendo concentrações de 50 a 100 vezes maiores de um elemento em relação às da vegetação que a circunda, ou equivalente a 100-10.000 mg do elemento por kg de massa seca.

Ainda há poucos estudos com biofortificação em hortaliças, no entanto sabe-se que algumas espécies desse grupo podem contribuir substancialmente para a ingestão dietética de micronutrientes, apesar do baixo teor calórico.

A alface, por exemplo, pertence à família de plantas hiperacumuladoras de zinco e está entre as espécies de plantas que toleram altas concentrações desse elemento. Em estudo prévio com cultivares do grupo *crocante*, houve indicação de que a cv. *Saladela*, lançada recentemente no mercado, tem potencial para o acúmulo de zinco, uma vez que o teor foi aproximadamente 25% maior em relação à cv. *Vanda* do tipo *cresta*, comumente consumida no Brasil. Esse novo cultivar apresenta características diferenciais que incentivam o consumo, como sabor adocicado e *crocância*, e, associado à biofortificação, pode trazer grande contribuição no combate à má nutrição de zinco em adultos e crianças.

Quando se trata de *baby leaf*, o produto por si só é potencial para a melhoria da nutrição humana, principalmente infantil, e se fizer parte de programas de pesquisa

com biofortificação, sua contribuição para a saúde da população deverá ser ainda maior.

#### Considerações Finais

O panorama traçado neste artigo ilustra não apenas a importância atual da bioeconomia da horticultura ligada ao cultivo sem solo no mundo, mas também deixa claro seu enorme potencial de crescimento no Brasil. Apesar de as primeiras iniciativas apontarem para a direção correta, ainda há muito por fazer e desenvolver. Além disso, o ritmo de implantação de novas medidas em prol do desenvolvimento de uma bioeconomia nacional deve ser intensificado, sob pena de o país perder oportunidades.

O cultivo protegido convencional (cultivo em estufas agrícolas) teve um rápido crescimento nos últimos anos em vários países, inclusive no Brasil. No entanto, o cultivo de plantas *indoor* ou em ambientes fechados ainda é incipiente no país, restrito a algumas iniciativas pontuais. Isso se deve, em boa parte, ao fato de existir no país muitas áreas agricultáveis e água suficiente para alimentar a população. Todavia, os últimos anos de crise hídrica e os conflitos pela água no Brasil reforçam a necessidade de se estudarem e se desenvolverem sistemas mais eficientes e racionais de produção de alimentos.

Nesse sentido, o cenário da agricultura do século XXI propõe grande desafio à ciência e à cadeia produtiva, pois necessitamos de multidisciplinaridade para produzir mais com menos e assim atingir alta produtividade de alimento com excelente qualidade, visando ao fortalecimento da nutrição humana, num cenário de população crescente. Dentro de diversas possibilidades para superar o presente desafio, a agricultura ur-

bana vertical *indoor*, com suas ferramentas de produção e produtos diferenciados, e a biofortificação podem e devem ser unidas para atingir esse objetivo.

#### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa Agrícola do Estado de São Paulo – FAPESP, (processos 2008/52305-1; 2009/01017-9; 2011/01407-1 e 2012/50786-8) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ, pelo apoio (processo 477615/2011-2).

#### Referências

- AL-CHALABI, M. Vertical farming: Skyscraper sustainability? *Sustainable Cities and Society*. 18: 74-77, 2015.
- ANDA, J.; SHEAR, H. Potential of vertical hydroponic agriculture in Mexico. *Sustainability* 140:2-17, 2017.
- BIDDINGER, E. J. Physiological and molecular responses of aeroponically grown tomato plants to phosphorus deficiency. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 123: 33033, 1998.
- BOHN, K.; VILJOEN, A. The edible city: Envisioning the continuous productive urban landscape (CPUL). *Field Journal*. 4: 149-161, 2011.
- BROCK, A. 2008. Room to grow: Participatory landscapes and urban agriculture at NYU. New York: New York University.
- CAETANO, M. Fazendas urbanas avançam em Tóquio, no Japão. 2011. *Revista Globo Rural*. Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI184581-18281,-00-FAZENDAS+URBANAS+AVANCAM+EM+TOQUIO+NO+JAPAO.html>.
- CALORI, A. H. Cultivo de baby leaf em sistema hidropônico NFT em função da condutividade elétrica da solução nutritiva e do espaçamento entre plantas. 2013. 72 f. Dissertação (Mestra-







do) – Instituto Agrônomo – IAC, Campinas.  
 CALORI, A.H.; FACTOR, T.L.; FELTRAN, J.C.; PURQUERIO, L.F.V. Aeroponia pode inovar a produção de minitubérculos de batata no Estado de São Paulo. *O Agrônomo* 66:42-51, 2014.  
 CALORI, A.H.; FACTOR, T.L.; LIMA JUNIOR, S.; MORAES, L.A.S.; BARBOSA, P.J.R.; TIVELLI, S.W.; PURQUERIO, L.F.V. Condutividade elétrica da solução nutritiva e espaçamento entre plantas na produção de beterraba e alface. *Horticultura Brasileira* 32:426-433, 2014.  
 CALORI, A.H.; MORAES, L.A.S.; PURQUERIO, L.F.V.; FACTOR, T.L.; JÚNIOR, S.L.; TIVELLI, S.W. Electric conductivity and space between plants on baby leaf production in NFT hydroponic system inside greenhouse. *Acta Horticulturae* 1:303-310, 2015.  
 CALORI, A.H.; FACTOR, T.L.; FELTRAN, J.C.; WATANABE, E.Y.; MORAES, C.C.; PURQUERIO, L.F.V. Electrical conductivity of the nutrient solution and plant density on seed potato production in aeroponic system under tropical conditions (winter/spring). *Bragantia* 76:23-32, 2017.  
 CAPLOW, T. Building integrated agriculture: Philosophy and practice. In Heinrich Böll Foundation (ed.). *Urban Futures 2030: Urban Development and Urban Lifestyles of the Future*. Heinrich-Böll-Stiftung, Berlin, Germany. p. 54-58, 2009.  
 CHANG, D.C.; PARK, C.S.; KIM, S.Y.; LEE, Y.B. Growth and Tuberization of Hydroponically Grown Potatoes. *Potato Research*. 55: 69-81, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s11540-012-9208-7>.  
 CHIIPANTHENA, M.; MALIRO, M.; DEMO, P.; NJOLOMA, J. Potential of aeroponics system in the production of quality potato (*Solanum tuberosum* L.) seed in developing countries. *African Journal of Biotechnology*. 17: 3993-3999, 2012.  
 DESPOMMIER, D. Cities dream of a second agricultural revolution. *Space Magazine* 488: 103-105, 2008.  
 DESPOMMIER, D. The rise of vertical farms. *Scientific American*. 301: 80-87, 2009.  
 DESPOMMIER, D. The vertical farm: feeding the

world in the 21st century. Macmillan, 2010.  
 DESPOMMIER, D. Farming up the city: the rise of urban vertical farms. *Trends in biotechnology*. 31: 388-389, 2013.  
 DI GIOIA, F.; Renna, M.; Santamaria, P. Sprouts, Microgreens and baby leaf vegetables. In: *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables*, Springer US, Editors: Fatih Yildiz, Robert C. Wiley, p.403-432, 2017.  
 DUTRA, M. Fazendas urbanas: como a tecnologia pode colocar alimentos orgânicos baratos no seu prato. 2015. Disponível em: <http://www.hypeness.com.br/2015/04/fazendas-urbanas-porque-elas-podem-resolver-o-nosso-problema-de-producao-de-alimentos-em-alta-escala/>.  
 FACTOR, T. L. Produção de minitubérculos de batata-semente em sistemas hidropônicos NFT, DFT e Aeroponia. 120f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - UNESP: FCAV, Jaboticabal, 2007.  
 FACTOR, T. L., KAWAKAMI, F. P. C. & IUNCK, V. Produção de minitubérculos básicos de batata em três sistemas hidropônicos. *Horticultura Brasileira*, 25, 82-87, 2007.  
 FACTOR, T.L.; CALORI, A.H.; FELTRAN, J.C.; PURQUERIO, L.F.V. Aeroponia pode inovar a produção de minitubérculos de batata no Estado de São Paulo. *O Agrônomo*. 64-66: 42-61, 2014.  
 FACTOR, T.L.; CALORI, A.H.; PURQUERIO, L.F.V.; FELTRAN, J.C.; BARBOSA, P.J.R.; GONÇALVES, G.S.; MARTINS, J.G.M. Novo sistema de aeroponia para a produção de minitubérculos de batata semente no Brasil. I – Descrição do sistema. *Revista Batata Show*. 40: 25-29, 2014.  
 FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E>  
 FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; VILELA, L.A.A. Produção de alface em hidroponia. *Lavras: UFLA/FAEPE*, 1996. 50 p.  
 FAQUIM, V.; FURLANI, P. R. Cultivo de hortaliças de folhas em hidroponia em ambiente pro-

tegido. *Informe agropecuário* 20:99-104, 1999.  
 FARRAN, I.; MINGO-CASTEL, A. Potato minituber production using aeroponics: effect of plant density and harvesting intervals. *American Journal of Potato Research*. 83: 47-53, 2006.  
 FISCHETTI, M. Growing vertical. *Scientific American*. 18: 74-79, 2008.  
 FOLEY, J. Feeding the world. 2014. *National Geographic Magazine*. Disponível em: <http://www.nationalgeographic.com/foodfeatures/feeding-9-billion/>.  
 FURLANI, P. R.; SILVEIRA, L.C. P; BOLONHEZI, D; FAQUIN, V. Cultivo hidropônico de plantas. *Instituto Agrônomo (Boletim Técnico 180)*, 1999. 52p.  
 FUTURE IQ PARTNERS. The future of food: feeding the world – the coming food revolution. 2016. Disponível em: <http://www.aedg.org/wp-content/uploads/Future-iQ-Partners-Future-of-Food.pdf>  
 GERICKE, W. *The Complete Guide To Soilless Gardening*. 2010.  
 GODFRAY, H.C.J.; BEDDINGTON, J.; CRUTE, I.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J. et al. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science*. 327: 812-818, 2010.  
 GRANATH, B. Moon or mars: lunar, matian, greenhouse designed to mimic those earth. *Kennedy Space Center's Magazine*. NASA, 5:28-29, 2017.  
 HAYDEN, A.L.; YOKELSON, T.N. Aeroponics: an alternative production system for highvalue root crops. *Acta Horticulturae*. 629: 207213, 2004.  
 IBGE – Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pof/2008\\_2009\\_analise\\_consumo/default.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pof/2008_2009_analise_consumo/default.shtm)  
 JENSEN, M.H.; COLLINS, W.L. Hydroponic vegetable production. *Horticultural Reviews*. 7: 458483, 1985.  
 MATEUS-RODRIGUEZ, J.R.; HAAN, DE S.; ANDRADE-PIEDRA, J.L.; MALDONADO, L.; HAREAU, G.; BARKER, I.; CHUQUILLANQUI, C.; OTAZÚ, V.; FRISANCHO, R.; BASTOS, C.; PEREIRA,

A.S.; MEDEIROS, C.A.; MONTESDEOCA, F.; BENÍTEZ, J. Technical and Economic Analysis of Aeroponics and other Systems for Potato Mini-Tuber Production in Latin America. *American Journal of Potato Research*. 90: 357-368, 2013.  
 MOLITOR, H.D.; FISHER, M.; PAPADOULOS, A.P. Effect of several parameters on the growth of chysanthemum stock plants in aeroponics. *Acta Horticulture* 481: 179186, 1999.  
 MORAES, L.A.S.; CALORI, A.H.; FACTOR, T.L.; PATRICIO, F.R.A.; GHINI, R.; ABREU, M.F.; PURQUERIO, L.F.V. Baby leaf lettuce production in trays with reused and solarized substrate. *Horticultura Brasileira* 34:491-497, 2016.  
 NEHER, C. Fazenda urbana em Berlim produz verduras e peixes em larga escala. 2015. *BBC Brasil*. Disponível em: [http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/03/150309\\_fazenda\\_urbana\\_berlim\\_cn](http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/03/150309_fazenda_urbana_berlim_cn)  
 NELLEMAN, C. (Ed.). *The environmental food crisis: the environment's role in averting future food crises: a UNEP rapid response assessment*. UNEP/Earthprint, 2009.  
 PARK, H.S.; CHIANG, M.H. Effects of form and concentration of nitrogen in aeroponic solution on growth, chlorophyll, nitrogen contents and enzyme actives in *Cucumis sativus* L. plant. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*. 38: 642646, 1997.  
 POTHUKUCHI, K; KAUFMAN, J.L. Placing the food system on the urban agenda: The role of municipal institutions in food systems planning. *Agriculture and Human Values*. 16: 213-224, 1999.  
 PURQUERIO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; VILLAS BOAS, R. L. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 25, p. 464-470, 2007.  
 PURQUERIO, L. F. V.; MELO, P. C. T. Hortaliças Pequenas e saborosas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 29, p.1-1, 2011.  
 PURQUERIO, L.F.V.; TIVELLI, S. W.; SANCHES, J.; CIA, P. Baby leaf, uma tendência de merca-

do? *O Agrônomo* 63:12-14, 2011.  
 PURQUERIO, L. F. V.; NASCIMENTO, W. M. Programa Dia de Camo na TV - Mini-hortaliças: nova tendência de mercado, 2015. Disponível em: < [http:// https://www.youtube.com/watch?v=g1YQSE0SsqQ&list=PLuNMNJOfpC8L-JmWXZ2gYI3GYZe6pKNvwa](http://https://www.youtube.com/watch?v=g1YQSE0SsqQ&list=PLuNMNJOfpC8L-JmWXZ2gYI3GYZe6pKNvwa)  
 PURQUERIO, L.F.V.; CALORI, A.H.; MORAES, L. A. S.; FACTOR, T. L.; TIVELLI, S. W. Produção de baby leaf em bandejas utilizadas para produção de mudas e em hidroponia NFT. In: NASCIMENTO, W.M.; PEREIRA, R.B. (Org.). *Produção de mudas de hortaliças*. Brasília:Embrapa, p.221-253, 2016.  
 RITTER, E.; ANGULO, B.; RIGA, P.; HERRÁN, J.; RELLOSO, J.; SAN JOSE, M. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. *Potato Research*. 44: 127-135, 2001.  
 ROYAL SOCIETY OF LONDON. *Reaping the Benefits: Science and the Sustainable Intensification of Global Agriculture*. Royal Society, London, 2009.  
 SPECHT, K.; SIEBERT, R.; HARTMANN, I.; FREISINGER, U.B.; SAWICKA, M.; WERNER, A.; DIERICH, A. Urban agriculture of the future: an overview of sustainability aspects of food production in and on buildings. *Agriculture and Human Values*. 31: 33-51, 2014.  
 THOMAIER, S.; SPECHT, K.; HENCKEL, D.; DIERICH, A.; SIEBERT, R.; FREISINGER, U. B.; SAWICKA, M. Farming in and on urban buildings: Present practice and specific novelties of Zero-Acreage Farming (ZFarming). *Renewable Agriculture and Food Systems*. 30: 43-54, 2014.  
 UNITED NATIONS. *World population to 2300*. New York: Department of Economic and Social Affairs, United Nations, 2004.  
 ZANDONADI, V. *Profissões do futuro: agricultura urbana*. 2015. O Estado de S. Paulo. Disponível em: <http://educacao.estadao.com.br/noticias/geral,profissoes-do-futuro-agricultura-urbana,1751145>.

