

EVOLUÇÃO E DESAFIOS DOS ALIMENTOS *PLANT-BASED*: sustentabilidade, acessibilidade e soberania alimentar

**Tatiana Barbieri Cochlar^{1*}, Franciele Borstmann², Natália Maldaner Salvadori³,
Sabrina Melo Evangelista⁴, Ziane da Conceição das Mercês⁵, Virgílio José Strasburg⁶.**

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, ORCID: 0009-0001-3066-3230. E-mail: tatianabarbieri2010@hotmail.com.

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Alimentação, Nutrição e Saúde, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, ORCID 0009-0008-0958-5697. E-mail: franborstmann@yahoo.com.br.

³ Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil, ORCID: 0000-0003-1849-2149. E-mail: natisalvadori18@gmail.com.

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, ORCID: 0009-0007-8135-6998. E-mail: bina_evan@hotmail.com.

⁵ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, ORCID: 0000-0003-0646-2022. E-mail: zianemercês@gmail.com.

⁶ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Alimentação, Nutrição e Saúde, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, ORCID: 0000-0001-8536-6092. E-mail: virgilio_nut@ufrgs.br.

RESUMO

O crescimento dos produtos *plant-based* é cada vez mais evidente no mercado global, refletindo mudanças nos hábitos alimentares da população e demonstrando uma crescente preocupação com questões ambientais e de saúde pública. Este trabalho teve como objetivo analisar a evolução dos alimentos à base de plantas, destacando os avanços tecnológicos, os desafios relacionados à saúde, sustentabilidade e acessibilidade, além das implicações sociais, econômicas e ambientais associadas à sua produção e consumo. Apesar de constituir um grupo de alimentos considerados sustentáveis, o modelo atual de cultivo dos ingredientes desses alimentos aponta o uso elevado de agrotóxicos, matérias-primas que percorrem longas distâncias até o consumidor final - aumentando a pegada de carbono e reduzindo a sustentabilidade ambiental da cadeia produtiva-, comprometendo os benefícios alegados. Além disso, o alto custo desses produtos, limita o consumo desses alimentos a população de baixa renda e acentua desigualdades alimentares, fazendo com que só uma parcela da população tenha acesso a ingestão desses produtos. No entanto, é desafiador combater as mudanças climáticas e garantir a soberania alimentar para a crescente população do planeta. Nesse contexto, torna-se fundamental incentivar a produção local e agroecológica

considerando os princípios da soberania alimentar. Deste modo, os alimentos *plant-based* podem contribuir para sistemas alimentares mais justos, nutritivos, de baixo impacto ambiental e acessível a todos.

Palavras-chave: Dieta planetária; *Food Miles*; Pesticidas; Poder de compra.

INTRODUÇÃO

O crescente interesse global por escolhas alimentares mais saudáveis e sustentáveis tem incentivado a adoção de dietas baseadas em vegetais, incluindo veganas, vegetarianas (lacto-vegetarianas, ovo-vegetarianas, lacto-ovo-vegetarianas e pescetarianas) e flexitarianas (Abe-Inge *et al.*, 2024; Aidoo *et al.*, 2023; Aschemann-Witzel *et al.*, 2021). Paralelamente, a indústria alimentícia tem redirecionado seus esforços para práticas mais sustentáveis, reconhecendo que sistemas alimentares devem, não apenas garantir segurança nutricional, mas também respeitar os limites ecológicos do planeta (Willett *et al.*, 2019; Poore e Nemecek, 2018).

São inúmeros os ingredientes de origem vegetal utilizados na elaboração de produtos *plant-based*, os quais têm como proposta imitar ou substituir alimentos tradicionalmente de origem animal. Essa categoria inclui carnes vegetais (Mercês *et al.*, 2024), leites vegetais (Mertdinç *et al.*, 2023), iogurtes (Da Silva Gomes *et al.*, 2024), queijos (Fan *et al.*, 2023), ovos substitutivos (McClements e Grossmann, 2021; Zhou *et al.*, 2024), nuggets (Zhou *et al.*, 2024), refeições prontas e sobremesas, entre outros. Nesse contexto, destacam-se especialmente as carnes vegetais, como hambúrgueres (Mercês *et al.*, 2024), salsichas (Bohrer, 2019), frutos do mar à base de plantas (Zhang *et al.*, 2022) e almôndegas (Siegrist e Hartmann, 2023). Esses produtos são geralmente formulados a partir de proteínas texturizadas de soja (Siegrist e Hartmann, 2023; Willett *et al.*, 2019), ervilha (Zhang *et al.*, 2022), trigo (Zhang *et al.*, 2021), grão-de-bico e arroz, combinadas com óleos vegetais, fibras alimentares, extratos naturais e aditivos tecnológicos que visam replicar a textura, o sabor e a aparência da carne convencional (Bohrer, 2019; Tso e Forde, 2021; Zhang *et al.*, 2021).

De acordo com este cenário, as proteínas de origem vegetal emergem como alternativas viáveis para atender à crescente demanda global por alimentos, com menor impacto ambiental e maior eficiência no uso de recursos naturais (Clark *et al.*, 2022; Willett *et al.*, 2019; Poore e Nemecek, 2018). Neste contexto, nos últimos anos, o mercado global de alimentos *plant-based* apresentou crescimento exponencial. De acordo com a *Bloomberg Intelligence* (2021), estima-se que esse setor alcance US\$ 162 bilhões até 2030, representando

aproximadamente 7,7% do mercado global de proteínas, o que evidencia seu potencial econômico e transformador.

No entanto, apesar das perspectivas de expansão de mercado, a aceitação do consumidor ainda representa uma barreira, influenciada por aspectos como familiaridade com o produto, sabor, textura, percepção de naturalidade e valores culturais (Tso e Forde, 2021).

Contudo, a transição para dietas baseadas em plantas enfrenta desafios expressivos, especialmente quando observada sob uma perspectiva global e interseccional. Ainda que as dietas *plant-based* ofereçam benefícios substanciais para a saúde pública e o meio ambiente, sua adoção em larga escala é limitada por fatores econômicos, sociais e culturais (Springmann *et al.*, 2021). Logo, avaliar de forma abrangente os critérios de sustentabilidade faz-se necessário para que a população defina sua tomada de decisão por novos hábitos alimentares (Bryant e Sanctorum, 2021).

A formulação de análogos vegetais à carne envolve abordagens interdisciplinares, integrando conhecimentos da ciência dos alimentos, nanotecnologia, biotecnologia e engenharia de alimentos para aprimorar suas propriedades funcionais, nutricionais e sensoriais (Sha e Xiong, 2020; Bohrer, 2019). Tais inovações visam aumentar a aceitabilidade dos consumidores e ampliar a competitividade desses produtos no mercado. Além de suas vantagens ambientais, os alimentos *plant-based* podem desempenhar um papel estratégico na promoção da segurança alimentar global, ao diversificar as fontes de proteínas acessíveis, especialmente em regiões vulneráveis à insegurança nutricional (FAO, 2021; Willett *et al.*, 2019).

Sendo assim, para intervenções no âmbito alimentar, faz-se necessário múltiplas estratégias para se conectar com a implementação de intervenções no consumo de alimentos, enquanto se observa lacunas quanto a integração dos princípios de soberania alimentar sobre os sistemas alimentares (Lofton *et al.*, 2023).

Portanto, o estudo objetivou analisar a evolução dos alimentos *plant-based*, destacando os avanços tecnológicos, os desafios relacionados à saúde, sustentabilidade e acessibilidade, bem como as implicações sociais, econômicas e ambientais associadas à sua produção e consumo.

HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DOS ALIMENTOS *PLANT-BASED*

O termo *plant-based* foi criado em 1980 pelo bioquímico nutricional Dr. Thomas Colin Campbell, para descrever um plano alimentar focado em alimentos vegetais, com baixo teor de gordura e rico em fibras, visando a promoção da saúde. Contudo, o conceito ganhou

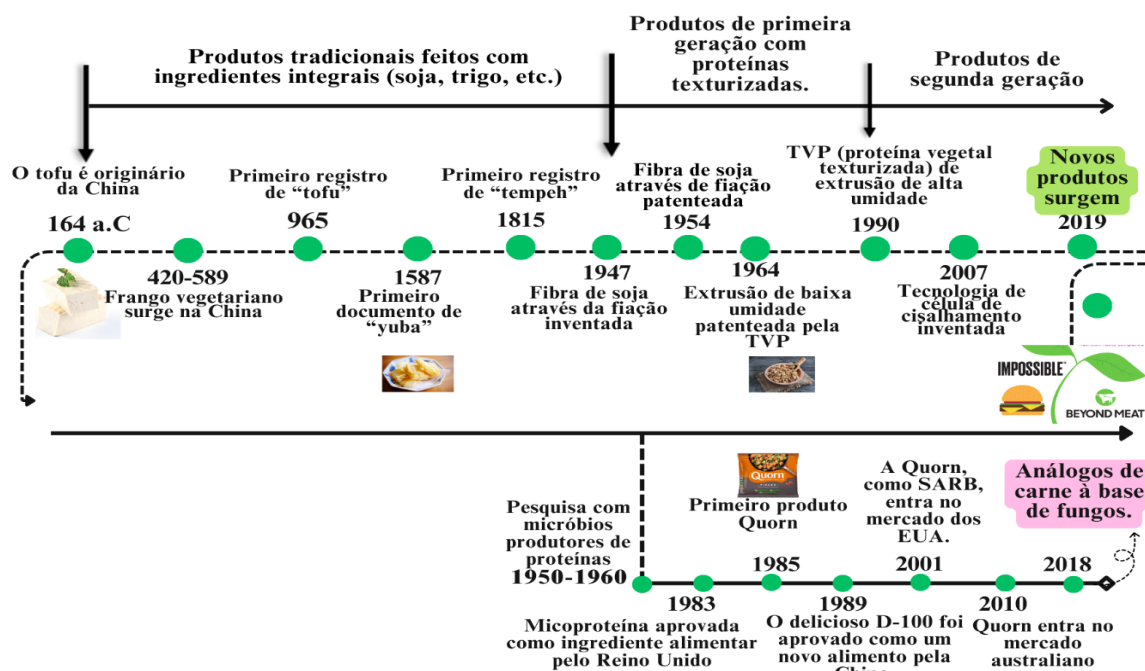
força com o estudo *The China Study*, que evidenciou os benefícios de uma alimentação predominantemente vegetal, que, embora não elimine completamente os produtos de origem animal, prioriza escolhas alimentares mais saudáveis e sustentáveis (Abe-Inge *et al.*, 2024).

A categoria de substitutos da proteína animal não é novidade no Brasil, mas, inicialmente, era voltada principalmente para o público vegano e vegetariano, com produtos quase exclusivamente à base de soja. O extrato de soja era utilizado como alternativa ao leite e até incluído na merenda escolar para suprir deficiências nutricionais entre populações de baixa renda. Além disso, alguns produtos enlatados à base de vegetais, que imitavam a carne animal, estavam disponíveis nos supermercados, embora em poucas opções, e apresentavam diferenças sensoriais significativas em relação aos produtos de origem animal (Embrapa, 2021).

Entretanto, as dietas à base de vegetais remontam a séculos, com figuras históricas como Pitágoras, Platão, George Bernard Shaw, Mahatma Gandhi, Albert Einstein, Leonardo da Vinci e Leo Tolstoy sendo defensores dessa prática. Porém, o que se observa atualmente, é uma popularização dessas dietas, impulsionada pelo crescente interesse da sociedade em questões relacionadas à saúde e bem-estar, no qual refletem uma maior conscientização global sobre hábitos alimentares saudáveis (Fehér *et al.*, 2020).

A Figura 1 ilustra a evolução histórica dos produtos *plant-based*, desde os alimentos tradicionais à base de soja até o surgimento de tecnologias modernas e a entrada de grandes marcas no mercado, evidenciando como a inovação tem moldado esse setor ao longo dos séculos.

Figura 1 - Evolução histórica dos produtos *plant-based*, desde os alimentos tradicionais à base de soja até o surgimento de tecnologias modernas.



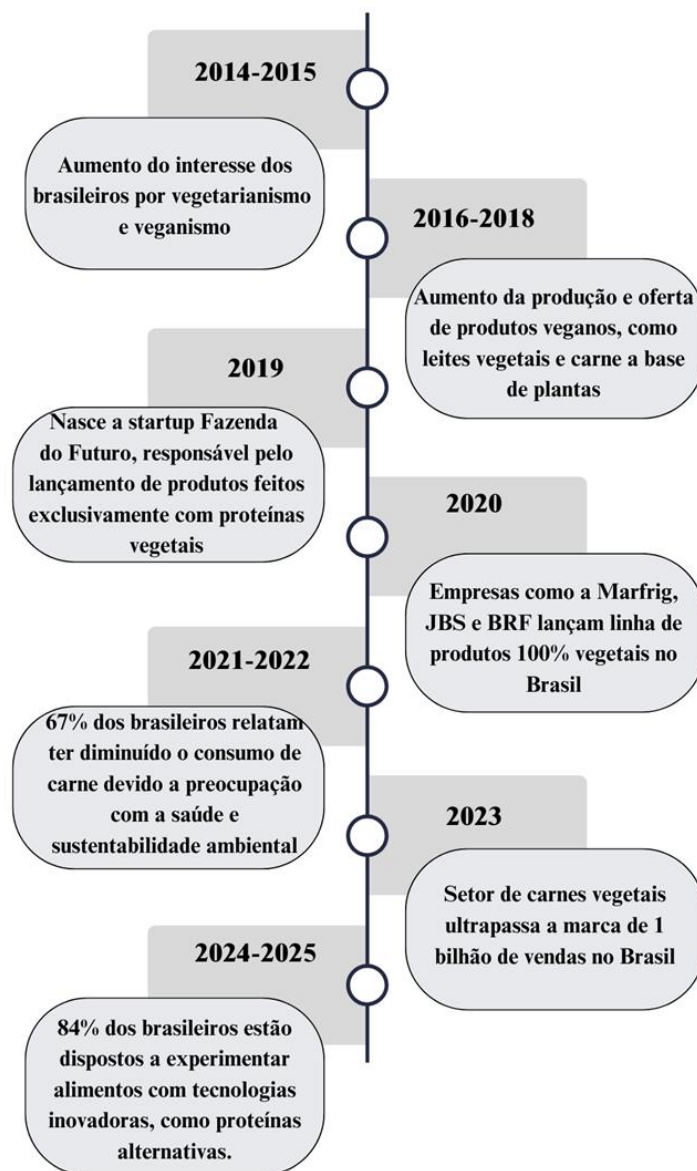
Imagens: Produto *Quorn*. <https://vegazeta.com.br/industria-quorn-investe-o-equivalente-a-quase-35-milhoes-de-reais-no-mercado-de-produtos-vegano/>

Imagens: *Impossible™ Beyond Meat*. <https://sustennialnetwork.com/2021/01/07/ingredient-analysis-impossible-foods-vs-beyond-meat/>

Fonte: Adaptado do estudo de Zhang *et al.* (2021).

No Brasil, foi somente em 2019 que os produtos à base de vegetais começaram a se diversificar. Uma pesquisa conduzida pela *Food Connection* (2024) retratou a crescente adoção de proteínas vegetais na alimentação brasileira, como pode ser visualizado na Figura 2, abaixo.

Figura 2 – Linha do tempo sobre proteínas vegetais na alimentação brasileira.



Fonte: Adaptado de *Food Connection* (2024).

A linha do tempo evidencia uma transformação no mercado de alimentos vegetais no Brasil, impulsionada pelo aumento do interesse dos consumidores por dietas mais saudáveis e sustentáveis. O crescimento da oferta de produtos *plant-based*, o surgimento de *startups* inovadoras e a entrada de grandes empresas no setor refletem uma mudança nos hábitos alimentares da população. Além disso, os dados sugerem que essa tendência continuará em expansão, com um número crescente de brasileiros dispostos a experimentar alternativas à proteína animal, sendo que esse cenário fortalece a consolidação do mercado de proteínas vegetais e seu impacto na indústria alimentícia nos próximos anos.

Sendo assim, os alimentos de origem vegetal surgem como uma alternativa inovadora para consumidores que desejam adotar uma alimentação mais saudável, sem abrir

mão do sabor e da qualidade (Mambrini *et al.*, 2025). Essa proposta nutricional dá prioridade a ingredientes vegetais, ao mesmo tempo em que reduz ou limita o consumo de produtos de origem animal, como carnes, ovos, leite e seus derivados, além de alimentos altamente processados, como açúcar, farinha e óleos refinados. Em geral, essas dietas são baseadas em alimentos crus, minimamente processados ou *in natura*, como cereais, tubérculos, legumes, verduras e frutas (Scarpelin *et al.*, 2025).

MERCADO DE *PLANT-BASED*

Um dos principais impulsionadores da crescente popularidade dos produtos *plant-based* é o consumidor flexitariano, aquele que busca reduzir o consumo de proteínas de origem animal sem necessariamente eliminá-las da dieta. Esse perfil de consumidor, mais exigente em relação ao sabor, aroma e textura dos alimentos vegetais, tem estimulado a inovação e o constante aprimoramento do setor. Como resultado, os produtos à base de plantas vêm evoluindo rapidamente, tornando-se cada vez mais semelhantes aos de origem animal (Andrade *et al.*, 2024).

A expectativa é que, com a introdução de novos ingredientes de produção nacional e o avanço de tecnologias inovadoras, os produtos à base de plantas alcancem maior competitividade em relação aos de origem animal. Esse cenário reforça a consolidação dos alimentos vegetais na dieta dos brasileiros e impulsiona a expansão contínua desse mercado. Com um crescimento global expressivo e perspectivas promissoras, o setor *plant-based* tem potencial para se tornar uma alternativa cada vez mais acessível e atrativa para os consumidores (Costa *et al.*, 2024).

Uma pesquisa realizada pelo *The Good Food Institute* (GFI) em 2024 revelou que a aceitação e o interesse dos consumidores brasileiros por produtos *plant-based* estão em crescimento gradual. Apesar dos desafios relacionados às expectativas sensoriais, como sabor e textura, a conscientização sobre os benefícios desses alimentos para a saúde e a sustentabilidade tem sido um fator essencial para a ampliação da receptividade no mercado (*The Good Food Institute*, 2024).

Grandes empresas brasileiras, como Fazenda Futuro (Rio de Janeiro), Seara (Santa Catarina), Marfrig (Mato Grosso do Sul) e BRF (Santa Catarina), têm desempenhado um papel fundamental no crescimento do mercado *plant-based* nacional, sendo responsáveis pelo lançamento de alguns dos produtos mais populares do setor. Como a Fazenda Futuro, com o lançamento do Futuro *Burger* em 2019, e desde então, expandiu seu portfólio com o desenvolvimento de alternativas vegetais a produtos tradicionais, como linguiça, frango e atum

(The Good Food Institute, 2019).

A Seara, tradicionalmente conhecida por seus produtos de origem animal, ingressou no mercado *plant-based* em 2019 com o lançamento da linha Incrível, que teve como primeiro produto o Incrível Burger, e atualmente, essa linha conta com uma ampla variedade de opções à base de plantas. A Marfrig, uma das maiores empresas globais do setor de carnes, também passou a investir no segmento vegetal em 2019, quando lançou um hambúrguer *plant-based* em parceria com a rede *Burger King*. Posteriormente, com a criação da linha *Revolution Burger*, a empresa ampliou sua oferta de produtos à base de plantas, que hoje estão disponíveis no varejo e em redes selecionadas de restaurantes. Outro marco importante foi o lançamento da linha Sadia Veg&Tal, da BRF, que trouxe um portfólio diversificado de produtos vegetais (The Good Food Institute, 2019).

A Figura 3, a seguir, apresenta outras empresas brasileiras que vêm se destacando no setor de alimentos *plant-based*.

Figura 3 - Empresas do Brasil que desenvolvem produtos alimentícios *plant-based*.



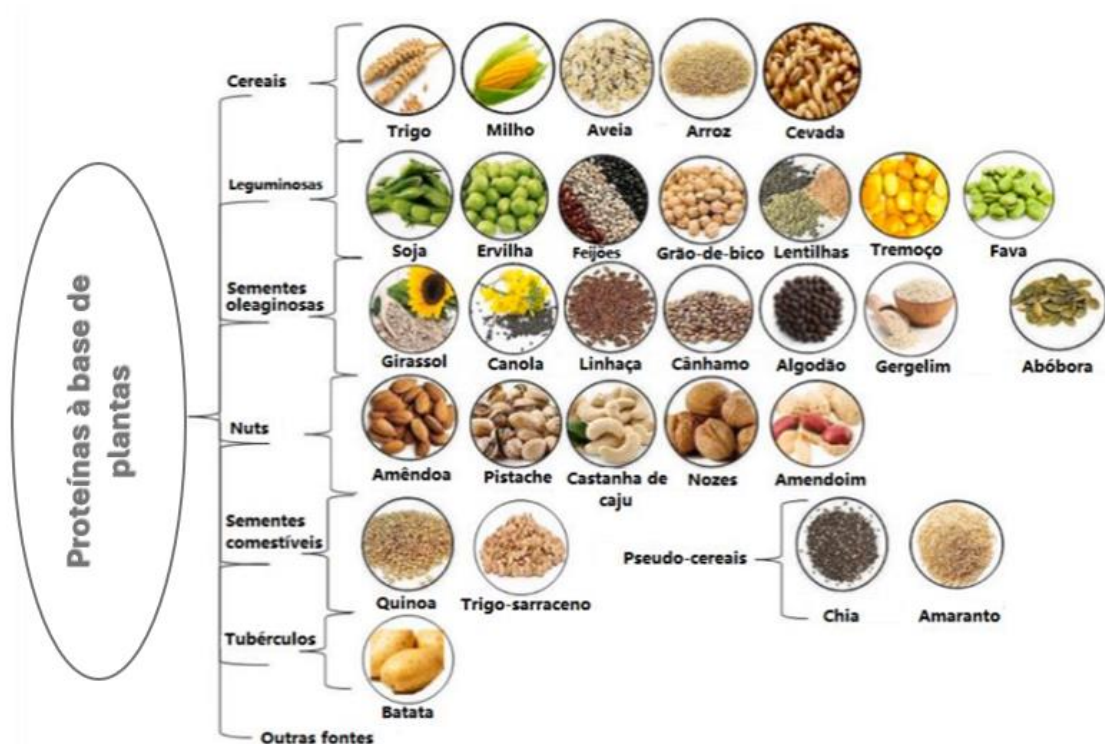
Fonte: Adaptado de The Good Food Institute (2020).

Desse modo, o mercado de proteínas *plant-based* tem previsão de alcançar US\$ 23,4 bilhões até 2028, impulsionado por diversos fatores, como a crescente demanda por dietas ricas em proteínas, a busca por opções mais saudáveis e voltadas ao bem-estar, além do aumento do interesse por alternativas aos produtos de origem animal. Essa tendência gera uma necessidade crescente para a indústria de alimentos e bebidas, que busca atender a esse novo perfil de consumidor com opções inovadoras e acessíveis (Meticulous Research, 2022).

FOOD MILES E IMPACTO AMBIENTAL

A indústria de alimentos *plant-based* tem disponibilizado aos consumidores uma infinidade de opções e variedades de produtos. Para isso, têm desenvolvido e utilizado diversas matérias-primas vegetais, considerados os principais componentes desses produtos. No estudo de Nasrabadi *et al.* (2021) está elencadas as principais fontes proteicas, conforme Figura 4.

Figura 4 - Principais ingredientes utilizados na elaboração de alimentos *plant-based*.



Fonte: Adaptado de Nasrabadi *et al.* (2021).

Percebemos, desse modo, a diversidade dos grupos vegetais utilizados e também dos respectivos itens. No entanto, nem todos os insumos que são utilizados pela indústria na elaboração dos produtos tem uma produção nacional, ou em havendo, em quantidade suficiente. Ocorre então a necessidade de se utilizar matérias-primas oriundas de outros países e continentes. Esse é o fenômeno conhecido como globalização do mercado de alimentos. Ele é resultado de uma mudança na geografia dos sistemas alimentares e, por sua vez, o comércio agrícola acaba alterando a distribuição do uso da terra e da água entre as regiões (Porkka *et al.*, 2013).

Esse processo desencadeia uma série de ações, que vão além da movimentação de insumos, produtos e recursos financeiros, abrangendo impactos relevantes sobre a sustentabilidade ambiental em toda a cadeia produtiva de alimentos. Em estudos na década passada, estimou-se que cerca de um quinto do uso global de terras agrícolas e água foi dedicado

para a produção de *commodities* (mercadoria em inglês) agrícolas consumidas por outros países (Hoekstra e Mekonnen, 2012; Kastner *et al.*, 2014). Algumas dessas *commodities* são ingredientes bastante utilizados pelas indústrias de alimentos *plant-based*. Para a produção de alimentos, estima-se que a agricultura e a pecuária sejam responsáveis pelo uso de aproximadamente 70% do total de água doce do mundo e 26% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) (Ritchie e Roser, 2020).

Considerando o conceito da sustentabilidade apenas sob o enfoque ambiental, e sem considerar ainda os aspectos econômico e social, temos ainda os impactos das chamadas pegadas ambientais (PA). As mais comumente utilizadas são a pegada hídrica (PH), pegada de carbono (PC) e pegada ecológica (PE). Cada uma dessas pegadas tem uma definição e particularidades diferentes na forma como são medidas. O conceito de PH foi criado em 2002 por Hoekstra e Huang, como uma forma de avaliar o consumo de água pela humanidade (Yu *et al.*, 2010). A PH é usada como indicador para quantificar o uso direto e indireto de água doce (em litros) durante todo o processo de um determinado bem ou produto (Hoekstra *et al.*, 2009).

Para entender a PC, primeiro é preciso falar sobre a emissão de GEE. De acordo com o Protocolo de Kyoto, seis GEE (Carbon Trust, 2025) são usados para verificar as emissões, que são contabilizadas na forma de equivalentes de dióxido de carbono (CO₂e) (Caiado *et al.*, 2017). Já a PE foi criada com o propósito de avaliar o impacto da atividade humana no meio ambiente. Mais precisamente, o PE visa mensurar a área biologicamente produtiva de terra e água necessária para a produção de todos os recursos e absorção dos resíduos de uma pessoa, população ou atividade (Hatjiathanassiadou *et al.*, 2023).

Para análise de PE, as terras são consideradas de acordo com as seguintes finalidades: a) culturas; b) produtos de pastagem; c) produtos florestais; d) frutos do mar; e) terrenos edificadas; e f) pegada de carbono (Wackernagel *et al.*, 2019).

Voltando à questão dos insumos utilizados na composição dos produtos, faz-se necessário analisar a sua origem (procedência), se o alimento utilizado é nativo do país onde está sendo utilizado como insumo. Ainda, faz-se necessário considerar o deslocamento que este alimento percorre da colheita até o processamento do produto final, analisando seus impactos de emissão de GEE, representado pelo termo “*food miles*” ou “milhas alimentares”, resultando na quantidade de combustíveis fósseis. Contudo, estima-se que o transporte global de mercadorias relacionado ao consumo de cereais e leguminosas seja responsável por aproximadamente 36% das emissões das milhas alimentares (Li *et al.*, 2022).

Neste contexto, ao verificar a procedência de insumos utilizados em um hospital público no Uruguai, Strasburg *et al.* (2024) encontraram hortaliças e frutas oriundas do próprio

país, no entanto, a fruta mais consumida (banana) importada do Brasil, assim como vegetais congelados vindos da Turquia, lentilhas do Canadá e fórmulas dietéticas vindas de países da Europa.

Importante destacar ainda que, ao se comprar e usar alimentos produzidos localmente isso traz vantagens como a redução das distâncias de entrega reduzidas e, conseqüentemente, menores emissões de GEE. Além disso, oferece mais oportunidades de melhorar as condições de vida dos trabalhadores rurais, fomentando a economia local (Nogueira *et al.*, 2020). O maior consumo de alimentos de origem vegetal, de acordo com Hölker *et al.* (2019), vão ao encontro da necessidade de redução considerável no consumo de alimentos de origem animal; na qual os autores elencam razões que envolvem o bem-estar animal, a saúde humana e as questões ambientais como um todo.

Em síntese, a sustentabilidade nos sistemas alimentares requer uma abordagem integrada que combine a otimização da produção de proteínas vegetais com a redução dos impactos ambientais e o desenvolvimento de tecnologias que apoiem a eficiência e a resiliência da indústria de alimentos *plant-based* (Mercês *et al.*, 2024).

USO DE AGROTÓXICOS NA PRODUÇÃO VEGETAL

Nos últimos anos, a alimentação *plant-based* ganhou destaque como uma alternativa saudável e sustentável à dieta tradicional. No entanto, faz-se necessário analisar a presença de agrotóxicos em alimentos de origem vegetal e entender a relação entre eles (Cabral, 2022).

Os agrotóxicos são substâncias químicas utilizadas na agricultura para controlar pragas, doenças e ervas daninhas. Embora apresentem um papel importante na produção agrícola, seu uso intensivo levanta preocupações sobre a saúde humana e ambiental. A relação entre agrotóxicos e a saudabilidade dos alimentos é necessária, para incentivar a busca por alternativas mais sustentáveis e menos químicas, refletindo a preocupação dos consumidores com a saúde, o bem-estar animal e a preservação do meio ambiente (Bitencourt de Moraes Valentim *et al.*, 2023).

Considerando a utilização de pesticidas na produção vegetal, destaca-se seus efeitos adversos, o qual interferem no solo, na água, no metabolismo das plantas, na redução de insetos polinizadores e na saúde humana (por exemplo, cânceres, alergias e asma) (Pathak *et al.*, 2022). Além disso, o uso excessivo de pesticidas pode levar à destruição da biodiversidade, ameaçando diversas espécies de plantas e animais, sendo, portanto, uma preocupação para a sustentabilidade ambiental e a estabilidade global (Mahmood *et al.*, 2016).

A ingestão de alimentos contaminados por agrotóxicos pode ter impactos negativos na saúde. Além dos efeitos diretos, como intoxicações, a exposição crônica a esses compostos pode levar a problemas de saúde a longo prazo. Portanto, é fundamental que os consumidores estejam cientes da origem dos alimentos que consomem e façam escolhas informadas (Anastasiou *et al.*, 2021).

Segundo pesquisa realizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), 51% dos alimentos que compõem a dieta cotidiana do brasileiro apresentam resíduos de agrotóxicos, enquanto 23% desse total apresentam princípios ativos não permitidos e ou excedem os limites aceitáveis, além dos 0,89% considerados como risco potencial agudo à população. O consumo de substâncias potencialmente nocivas à saúde em um curto período é classificado como risco agudo (Brasil, 2020).

É fundamental repensarmos o nosso consumo de carne, porém, apesar da alegação de saudável e sustentável de alguns produtos *plant-based*, existe um avanço da indústria que se apropria de uma nova fatia do mercado enquanto vende uma variação dos mesmos ultraprocessados que sempre vendeu, usando matérias-primas produzidas com o uso de agrotóxico (Marques e Silva, 2021).

Considerando isso, à base de plantas não significa planta ou produto natural. A fabricação destes alimentos inclui uma série de processos para que as proteínas de origem vegetal sejam usadas como substitutos de carne, incluindo o uso de produtos químicos e materiais sintéticos. Além disso, para garantir sua similaridade em aparência em sabor, muitos ingredientes são adicionados, dificultando o rastreamento, a avaliação e o cálculo dos impactos desses produtos (Mejia *et al.*, 2020).

Uma pesquisa do IDEC analisou duas categorias *plant-based*, hambúrguer e empanado à base de plantas, ambas apresentaram resíduos de agrotóxicos, conforme apresentado na Figura 5 e 6. Além disso, os produtos, ainda que sejam vendidos como sustentáveis ou apresentem apelo à saúde (por exemplo, dizendo que é “feito com ingredientes naturais”, sem colesterol, conservantes ou com alegações sobre o teor de proteína), são ultraprocessados (Idec, 2024). A recomendação do Guia Alimentar para a População Brasileira é, portanto, evitar seu consumo (Brasil, 2021).

Figura 5 - Presença de agrotóxicos em hambúrgueres à base de plantas.

Hambúrguer à base de plantas			
	Sadia	Seara	Fazenda do Futuro
	Detectados resíduos de 3 agrotóxicos (pirimifós-metilico, glufosinato, glifosato e seu metabólito AMPA)	Não apresentou resíduos	Detectado resíduo de 1 agrotóxico (o-fenilfenol)

Fonte: Idec, 2024.

Figura 6 - Presença de agrotóxicos em empanados à base de plantas.

Empanado à base de plantas			
	Sadia	Seara	Fazenda do Futuro
	Detectados resíduos de 2 agrotóxicos (pirimifós-metilico e glufosinato) e butóxido de piperonila.	Detectados resíduos de 3 agrotóxicos (deltametrina, pirimifós-metilico e glufosinato) e butóxido de piperonila.	Detectado resíduo de 1 agrotóxico (glifosato)

Fonte: Idec, 2024.

Entre os agrotóxicos encontrados nas figuras acima, está o Glifosato, é um herbicida classificado como “provavelmente carcinogênico ou capaz de causar câncer”, de acordo com a Agência Internacional para Pesquisa sobre Câncer (IARC) (Richmond, 2022).

O Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA) é o estudo mais abrangente sobre monitoramento da presença de agrotóxicos em alimentos de origem vegetal no Brasil (Brasil, 2019; Brasil, 2020). Desde sua implantação, em 2001, foram analisados 25 tipos diferentes de alimentos. Dentre esses, 14 registraram médias acima de 50% de resíduos de agrotóxicos não autorizados, entre aqueles que foram detectados (Lopes e Albuquerque, 2021).

Além do PARA outro programa monitora resíduos de agrotóxicos em amostras de plantas no Brasil desde 2008: o Programa Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC/Vegetal), realizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

(MAPA). O PNCR/Vegetal tem a função de monitorar a qualidade e a segurança dos produtos de origem vegetal produzidos e consumidos em todo o território nacional quanto à ocorrência de resíduos de agrotóxicos e contaminantes químicos, físicos e biológicos. São monitorados produtos de origem vegetal destinados ao mercado interno e externo. O MAPA realiza o PNCR/Vegetal desde 2008, e as amostras são coletadas preferencialmente em estabelecimentos de beneficiamento e ou embaladores, atacadistas e centrais de abastecimento. Relatórios do MAPA mostram que, em média, 56% das amostras analisadas entre 2015 e 2020 apresentaram algum nível de resíduo (Marques e Silva, 2021).

Segundo Li *et al.* (2018) a garantia de alimentos livres de resíduos integra o direito humano à alimentação adequada, reforçando a necessidade de rigoroso monitoramento de resíduos de agrotóxicos, considerado importante para um programa nacional de segurança alimentar e nutricional. Para aqueles que buscam uma alimentação *plant-based* mais saudável, existem alternativas que promovem a sustentabilidade e a redução do uso de agrotóxicos. A agricultura orgânica, os sistemas agroflorestais e a permacultura são exemplos de práticas que favorecem a biodiversidade e a saúde do solo, resultando em alimentos mais nutritivos e livres de substâncias químicas nocivas (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009).

Além disso, alimentos à base de vegetais podem representar um grupo de pessoas que buscam um estilo de vida mais saudável e sustentável. Do mesmo modo, esses produtos estão sendo vendidos como “super-heróis ambientais” e uma “solução para a sustentabilidade”, enquanto continuam reproduzindo os mesmos sistemas e cadeias alimentares de produtos ultraprocessados. Como consequência, o crescente mercado de proteínas alternativas pode levar a mais desafios ambientais do que soluções, incluindo o consumo exagerado de agrotóxicos (Zuin *et al.*, 2022).

Sendo assim, atribuir a matérias-primas desses produtos mais transparência, segurança e rastreabilidade, pode impulsionar o desenvolvimento de tecnologias cada vez mais modernas e acessíveis no controle de resíduos de agrotóxicos em alimentos vegetais (Ribeiro *et al.*, 2020).

ACESSIBILIDADE E PODER DE COMPRA DE ALIMENTOS *PLANT-BASED*

Com o aumento da preocupação com a alimentação saudável e a preservação do meio ambiente, os produtos de carne à base de plantas têm ganhado cada vez mais destaque no mercado de países desenvolvidos, como uma alternativa à carne tradicional (Shen *et al.*, 2024). No entanto, são percebidos que os alimentos de origem vegetal possuem altos preços em comparação com os alimentos não vegetais (Kemper, 2020).

Corroborando com as informações acima, diversos estudos apontam que o custo da transição das dietas atuais para uma dieta *plant-based* seria mais acessível para a população de países de alta renda, enquanto em países de baixa-média renda e baixa renda esse tipo de dieta não é alcançável do ponto de vista financeiro (Chen *et al.*, 2019; Chaudhary *et al.*, 2018; Springmann *et al.*, 2021; Minotti *et al.*, 2022; Perignon e Darmon, 2022; Hirvonen *et al.*, 2020).

Complementando a informação, Rao *et al.* (2013) apontam que há diferença maior do que o padrão real de alimentação entre o consumo de uma dieta “mais saudável” (com consumo de frutas, vegetais, peixes e sementes) para o consumo de uma dieta “menos saudável” (com consumo elevado de alimentos processados, carnes e grãos refinados), podendo este ser justificado pelo baixo custo de alimentos ultraprocessados.

Uma pesquisa realizada em uma cidade de primeira linha na China verificou que, para aumentar a inclinação do consumidor em relação à compra desses itens e garantir a sua popularidade sustentada, o setor varejista deve minimizar os preços das mercadorias dentro da cadeia de vendas, alinhando assim o custo dos alimentos alternativos à carne com o da carne convencional. Essa conduta pode elevar a propensão da população a adquirir opções de origem vegetal (Shen *et al.*, 2024).

Apesar dos avanços em relação aos alimentos *plant-based*, a análise para compreender o papel do valor comercial dessas opções na preferência e escolha dos consumidores ainda é limitada (Tonsor e Schroeder, 2023; Van Loo *et al.*, 2020). Os preços das alternativas à carne bovina, nos Estados Unidos, por exemplo, superam em 20% o valor do produto que pretendem substituir (Panescu *et al.*, 2022).

Segundo Michel *et al.* (2021), na Alemanha, os consumidores consideram o desempenho dos alimentos convencionais superior ao das alternativas, quando questionados sobre os preços desses produtos, mostrando que para os consumidores aumentarem suas compras desses produtos necessitam de preços de mercado mais competitivos. Já, Jahn *et al.* (2024), ao pesquisar os padrões de substituição e valores das proteínas substitutas, destacam a importância da acessibilidade para além da paridade de preços para a aceleração da mudança para dietas de origem vegetal.

A cultura do consumo de alimentos *plant-based* ainda é recente no Brasil. Com o amadurecimento do mercado e a ampliação da oferta de produtos, espera-se também a redução dos preços, que atualmente representa a principal barreira para a popularização desses alimentos. Além disso, a diminuição dos custos na cadeia de revenda é um fator essencial para viabilizar a comercialização em larga escala (Wilkinson, 2023).

Ainda, a necessidade de processamento dos ingredientes utilizados nas formulações

dos alimentos análogos, a fim de obter propriedades sensoriais mais próximas dos produtos no qual eles se propõem a substituir, podem ser fatores contribuintes para que o valor de mercado desses produtos sejam mais elevados (De Oliveira Fonseca e Reis, 2025).

Uma das formas de incentivar a queda dos preços e aumentar o consumo dos alimentos alternativos à base de plantas é fornecer incentivos financeiros para fabricação de alimentos vegetais e também para a produção de matérias-primas associadas. Essa seria uma forma de garantir a disponibilidade de produtos e torná-los amplamente acessíveis aos consumidores (Abe-Inge *et al.*, 2024).

Outra alternativa, é aumentar o incentivo na utilização de subprodutos e resíduos agroindustriais como uma fonte de proteína econômica, abundante e sustentável, além de diminuir disponibilidade e aumenta os preços dos alimentos, que têm impactos prejudiciais na sustentabilidade global (Hadidi *et al.*, 2024).

Sendo assim, para promover o consumo de alimentos de fontes vegetais, analisar o contexto geral é um fator importante, pois pode impactar diretamente na eficácia das recomendações. Como exemplo, temos as variações dos preços dos alimentos entre os países, as diferenças culturais, além das distinções populacionais e individuais, que incluem principalmente o status socioeconômico. Portanto, embora haja um aumento na oferta de alimentos de origem vegetal nos últimos anos, isso não o torna acessível a todos, pois não considera o contexto financeiro de todos os indivíduos (Rickerby e Green, 2024).

PRODUTOS *PLANT-BASED* E SOBERANIA ALIMENTAR

A Soberania Alimentar é definida pelo direito dos indivíduos em definir suas próprias políticas e estratégias sustentáveis de produção, distribuição e consumo de alimentos, que garantam o direito à alimentação para toda a população, respeitando as múltiplas características culturais dos povos (CONSEA, 2004).

Este conceito retrata a complexidade da produção de alimentos, que objetiva suprir todas as necessidades da população, por meio diferentes modelos de produção de alimentos contemplando hábitos alimentares heterogêneos, considerando a complexidade e diversidade dos territórios existentes, de biomas e na conservação e uso consciente da biodiversidade (Strate *et al.*, 2022).

Nesse contexto, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) abordam de forma ampla a necessidade de assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis, destacando o uso eficiente de recursos naturais, a redução de perdas e desperdício de alimentos ao longo da cadeia produtiva, a promoção da conscientização das diferentes populações sobre

ações sustentáveis e o investimento nos fortalecimentos científico e tecnológico para atender a essas e demais demandas planetárias sustentáveis (ONU, 2016).

No entanto, as estimativas globais para os próximos anos apontam queda na produtividade agrícola, consequentemente a diminuição da disponibilidade geral dos alimentos, motivados pelas mudanças climáticas. Estes fatores influenciarão diretamente no aumento de preço de alimentos *in natura*, fazendo com que a população de menor renda seja forçada a adotar padrões alimentares menos saudáveis (Kalmpourtzidou *et al.*, 2020; Myers *et al.*, 2017).

Sendo assim, para aproximadamente 1,58 bilhão de pessoas, a adoção de um modelo alimentar baseado em produtos de origem vegetal poderá afetar negativamente o custo *per capita* da dieta sobre a renda familiar média (Hirvonen *et al.*, 2020). Isso se reflete na população de países subdesenvolvidos que têm a preferência por padrões alimentares pouco saudáveis, quando comparados à população de países desenvolvidos (Pedroni *et al.*, 2021; Klink *et al.*, 2022).

Além do que, vale mencionar que determinadas populações ainda dependem de atividades de subsistência e da produção ou consumo de proteína animal, haja vista o enfrentamento à fome e à desnutrição e, portanto, a presença de alimentos de origem animal nas dietas dos indivíduos e grupos sociais devem ser metodicamente analisadas dentro de sua realidade individual (Willett *et al.*, 2019).

Uma das alternativas, dentro do processo de inovação de produtos *plant-based*, consiste na utilização de matérias-primas oriundas da produção agrícola nacional e de ingredientes nativos do Brasil. Contudo, além de pontuados como desafiadores no desenvolvimento desta cadeia produtiva, faz-se necessário, tanto o aprimoramento de tecnologias já aplicadas a matérias-primas de uso consolidado, quanto o desenvolvimento de novas tecnologias adequadas ao processamento desses ingredientes emergentes, visando otimizar o processo produtivo e assegurar a qualidade dos produtos finais (Ferrari *et al.*, 2022).

Combater as mudanças climáticas e garantir a Soberania Alimentar para alcançar a segurança alimentar para a crescente população do nosso planeta é um dos nossos maiores desafios atuais (Gao e Cui, 2023). Para que isso se torne realidade é necessário que os sistemas alimentares agrícolas consigam produzir alimentos nutritivos e com baixo impacto ambiental, além de torná-los acessíveis a todos (Viroli *et al.*, 2023).

Sendo assim, priorizar o diálogo entre as diferentes frentes dos sistemas alimentares é essencial para que, além das adequações nutricionais e ambientais da produção destes produtos, haja também o incentivo fiscal desses alimentos, além do aumento na tributação daqueles que se tem a intenção de diminuição de consumo (Viroli *et al.*, 2023), essas medidas

são essenciais para que a Soberania Alimentar possa ser garantida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É evidenciado que desde a sua criação, há uma crescente comercialização de alimentos *plant-based*, e que sua finalidade é estabelecida, principalmente entre os princípios de saúde e sustentabilidade. No entanto, a presente pesquisa mostra, que para considerarmos estes produtos como saudáveis, faz-se necessário avançar muito no controle de resíduos de agrotóxicos das matérias-primas. Bem como, para caracterizá-los como sustentável, é fundamental realizar uma abordagem crítica que englobe toda a cadeia de suprimentos, considerando os contextos de produção, distribuição e acesso econômico a esses alimentos.

Sendo assim, o incentivo a práticas agroecológicas, a valorização de culturas alimentares locais e consequentemente aplicar os conceitos de Soberania Alimentar na elaboração de estratégias para a produção de alimentos *plant-based*, pode trazer benefícios não só sustentáveis, mas também de competitividade econômica, proporcionando o acesso a estes alimentos a toda a população.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA) e ao Programa de Pós-Graduação em Alimentação, Nutrição e Saúde (PPGANS) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas pelo apoio institucional e pela infraestrutura disponibilizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABE-INGE, V. *et al.*, Plant-based dietary shift: Current trends, barriers, and carriers. **Trends in Food Science & Technology**, v. 143, p. 104292, 2024.
- AIDOO, R. *et al.*, Overview of single cell protein: Production pathway, sustainability outlook, and digital twin potentials. **Trends in Food Science & Technology**, v. 138, p. 577–598, 2023.
- ANASTASIOU, K. *et al.*, A conceptual framework for understanding the environmental impacts of ultra-processed foods and implications for sustainable food systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 368, p. 133-155, 2022.
- ANDRADE, T. *et al.*, Who is the Plant-Based consumer? An exploratory study on consumers and expectations. **Revista Observatorio de la Economía Latino-Americana**, v.22, p. 01-26. 2024.

ASCHEMANN-WITZEL, J. *et al.*, Plant-based food and protein trend from a business perspective: markets, consumers, and the challenges and opportunities in the future. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, p. 3119–3128, 2021.

BITENCOURT DE MORAIS VALENTIM, J. *et al.*, Monitoring residues of pesticides in food in Brazil: A multiscale analysis of the main contaminants, dietary cancer risk estimative and mechanisms associated. **Frontiers in Public Health**, v. 11, p. 1130893, 2023.

BLOOMBERG INTELLIGENCE (2021). *Plant-Based Foods Poised for Explosive Growth*. Bloomberg Finance L.P. Disponível em: <https://www.bloomberg.com>. Acesso em: 07 abr. 2025.

BOHRER, B., An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. **Food science and human wellness**, v. 8, p. 320-329, 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Relatório PARA 2017/2018. (2019). Disponível online em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos/arquivos/3770json-file-1>. Acesso em: 04 de abril de 2024.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos (PARA). Brasília: ANVISA (2020). Disponível online em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/agrotoxicos/programa-de-analise-de-residuos-em-alimentos>. Acesso em: 04 de abril de 2024.

BRASIL. Guia Alimentar para a População Brasileira (2021). Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf. Acesso em: 07 de abril de 2025.

BRYANT, C.; SANCTORUM, H., Alternative proteins, evolving attitudes: Comparing consumer attitudes to plant-based and cultured meat in Belgium in two consecutive years. **Appetite**, v. 161, p. 105161, 2021.

CABRAL, C., Vegetarianismo na UFPE: análise da comunidade acadêmica e da estrutura oferecida. Dissertação de mestrado (Mestrado profissional em gestão pública para o desenvolvimento do Nordeste). Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

CAIADO, R. *et al.*, Towards sustainable development through the perspective of eco-efficiency-A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 165, p. 890-904, 2017.

CARBON TRUST. **Carbon footprinting guide**. 2025. Disponível em: <https://www.carbontrust.com/resources/guides/carbon-footprinting-and-reporting/carbon-footprinting/>. Acesso em: 5 de abril de 2025.

CHAUDHARY, A. *et al.*, Multi-indicator sustainability assessment of global food systems. **Nature communications**, v. 9, n. 1, p. 848, 2018.

CHEN, C. *et al.*, Dietary change scenarios and implications for environmental, nutrition,

human health and economic dimensions of food sustainability. **Nutrients**, v. 11, p. 856, 2019.

CLARK, M. *et al.*, Multiple health and environmental impacts of foods. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 116, p. 23357-23362, 2019.

COSTA, L. *et al.*, Plant-based foods: innovation in the food industry. *Recima21 - revista científica multidisciplinar*, v.5, p. 1-13, 2024.

DE OLIVEIRA FONSECA, J.; REIS, G., ANÁLISE SWOT DO SETOR DE PROTEÍNAS ALTERNATIVAS PLANT-BASED: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA. **Desafio Online**, v. 13, 2025.

EMBRAPA. Evolução dos alimentos plant-based no Brasil. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/67002613/artigo-evolucao-dos-alimentos-plant-based-no-brasil>. Acesso em: 03/04/2025.

FAN, M. *et al.*, Comprehensive quality evaluation of plant-based cheese analogues. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 103, p. 6595-6604, 2023.

FAO. *Thinking about the future of food safety*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org>. Acesso em: 07 de abr. 2025.

FEHÉR, A. *et al.*, A Comprehensive Review of the Benefits of and the Barriers to the Switch to a Plant-Based Diet. **Sustainability**, v. 12, 2020.

FERRARI, M. *et al.*, Proteínas e ingredientes alternativos no desenvolvimento de produtos plant-based: uma visão sobre sustentabilidade na cadeia de produção de alimentos e a valorização de ingredientes nativos do Brasil. 2022.

FOOD CONNECTION. Crescimento da proteína vegetal na alimentação brasileira. Disponível em: <https://www.foodconnection.com.br/artigos/crescimento-da-proteina-vegetal-na-alimentacao-brasileira/>. Acesso em: 03/04/2025.

GAO, L.; CUI, X., Climate change and food security: Plant science roles. **Molecular Plant**, v. 16, p. 1481-1483, 2023.

DA SILVA GOMES, A. *et al.*, Antagonism and survival of probiotics encapsulated in functional yogurt-like fermented vegetable beverage. **Food Bioscience**, v. 61, p. 104728, 2024.

HADIDI, M. *et al.*, Plant-based proteins from agro-industrial waste and by-products: Towards a more circular economy. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 261, p. 129576, 2024.

HATJIATHANASSIADOU, M. *et al.*, Nutrition and its footprints: Using environmental indicators to assess the nexus between sustainability and food. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 6, p. 1078997, 2023.

HIRVONEN, K. *et al.*, Affordability of the EAT–Lancet reference diet: a global analysis. **The Lancet Global Health**, v. 8, p. e59-e66, 2020.

HOEKSTRA, A.; MEKONNEN, M., The water footprint of humanity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, p. 3232-3237, 2012.

HÖLKER, S. *et al.*, Animal Ethics and Eating Animals: consumer segmentation based on domain-specific value. **Sustainability**, v. 11, 2019.

IARC. IARC Monograph on Glyphosate. Disponível em: <https://www.iarc.who.int/featured-news/media-centre-iarc-news-glyphosate/>. Acesso em: 04 de abril de 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo agropecuário: Brasil, grandes regiões e unidades da Federação*. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

JAHN, S. *et al.*, Ainslee. Substitution patterns and price response for plant-based meat alternatives. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 121, p. e2319016121, 2024.

KALMPOURTZIDOU, A. *et al.*, Global vegetable intake and supply compared to recommendations: a systematic review. **Nutrients**, v. 12, p. 1558, 2020.

KASTNER, T. *et al.*, Rapid growth in agricultural trade: effects on global area efficiency and the role of management. **Environmental Research Letters**, v. 9, p. 034015, 2014.

KEMPER, J., Motivations, barriers, and strategies for meat reduction at different family lifecycle stages. **Appetite**, v. 150, p. 104644, 2020.

KLINK, U. *et al.*, Socioeconomic differences in animal food consumption: Education rather than income makes a difference. **Frontiers in Nutrition**, v. 9, p. 993379, 2022.

LI, D. *et al.*, Dose-response relation between dietary inflammatory index and human cancer risk: evidence from 44 epidemiologic studies involving 1,082,092 participants. **The American journal of clinical nutrition**, v. 107, p. 371-388, 2018.

LI, M. *et al.*, Global food-miles account for nearly 20% of total food-systems emissions. **Nature food**, v. 3, p. 445-453, 2022.

LOFTON, S. *et al.*, Exploring food environment interventions for diet-related outcomes using a food sovereignty framework: a systematic review. **Health Promotion International**, v. 38, p. daac164, 2023.

LOPES, C.; ALBUQUERQUE, G., Desafios e avanços no controle de resíduos de agrotóxicos no Brasil: 15 anos do Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos em Alimentos. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, p. e00116219, 2021.

MAHMOOD, I. *et al.*, Effects of pesticides on environment. **Plant, soil and microbes: volume 1: implications in crop science**, p. 253-269, 2016.

MAMBRINI, S. *et al.*, Plant-based and sustainable diet: A systematic review of its impact on obesity. **Obesity Reviews**, p. e13901, 2025.

MARQUES, J.; SILVA, M., Estimativa de ingestão crônica de resíduos de agrotóxicos por

meio da dieta. **Revista de Saúde Pública**, v. 55, p. 36, 2021.

MCCLEMENTS, D.; GROSSMANN, L., The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v. 20, p. 4049-4100, 2021.

MEJIA, M. *et al.*, Life cycle assessment of the production of a large variety of meat analogs by three diverse factories. **Journal of Hunger & Environmental Nutrition**, 2020.

MERCÊS, Z. *et al.*, Hybrid and Plant-Based Burgers: Trends, Challenges, and Physicochemical and Sensory Qualities. **Foods**, v. 13, p. 3855, 2024.

MERCÊS, Z. *et al.*, Effectiveness, Challenges, and Environmental Impacts of New Food Strategies with Plant and Animal Protein Products. **Foods**, v. 13, p. 3217, 2024.

MERTDİNÇ, Z. *et al.*, A new plant-based milk alternative of Pistacia vera geographically indicated in Türkiye: Antioxidant activity, in vitro bio-accessibility, and sensory characteristics. **Food Bioscience**, v. 53, p. 102731, 2023.

METICULOUS RESEARCH. Plant-based Protein Market by Type, Crop Type, Source Process, Application - Global Forecast to 2028. 2022, 245p. Disponível em: <https://www.meticulousresearch.com/product/plant-based-protein-market-5031>. Acesso em: 04 de abril de 2025.

MICHEL, F. *et al.*, Consumers' associations, perceptions and acceptance of meat and plant-based meat alternatives. **Food Quality and Preference**, v. 87, p. 104063, 2021.

MINOTTI, B. *et al.*, True Cost Accounting of a healthy and sustainable diet in Italy. **Frontiers in nutrition**, v. 9, p. 974768, 2022.

MYERS, S. *et al.*, Climate change and global food systems: potential impacts on food security and undernutrition. **Annual review of public health**, v. 38, p. 259-277, 2017.

NASRABADI, M. *et al.*, Modification approaches of plant-based proteins to improve their techno-functionality and use in food products. **Food Hydrocolloids**, v. 118, p. 106789, 2021.

NOGUEIRA, J. *et al.*, Sustainable perspective in public educational institutions restaurants: from foodstuffs purchase to meal offer. **Sustainability**, v. 12, p. 4340, 2020.

ONU. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) no Brasil. 2016. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 8 de abril de 2025.

PANESCU, P. *et al.*, **State of the Industry Report: plant-based meat, seafood, eggs, and dairy**. 2022.

PATHAK, V. *et al.*, Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. **Frontiers in microbiology**, v. 13, p. 962619, 2022.

PEDRONI, C. *et al.*, The cost of diets according to nutritional quality and sociodemographic

characteristics: a population-based assessment in Belgium. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 121, p. 2187-2200. e4, 2021.

PERIGNON, M.; DARMON, N., Advantages and limitations of the methodological approaches used to study dietary shifts towards improved nutrition and sustainability. **Nutrition Reviews**, v. 80, p. 579-597, 2022.

POORE, J.; NEMECEK, T., Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. **Science**, v. 360, p. 987-992, 2018.

PORKKA, M. *et al.*, From food insufficiency towards trade dependency: a historical analysis of global food availability. **PloS one**, v. 8, p. e82714, 2013.

RAO, M. *et al.*, Do healthier foods and diet patterns cost more than less healthy options? A systematic review and meta-analysis. **BMJ open**, v. 3, p. e004277, 2013.

RIBEIRO, M. *et al.*, Technologies for traceability, safety and control of pesticide residues in the food production chain of plant origin: a review study. **Research, Society and Development**, v. 9, p. e5291210780, 2020.

RICHMOND, M., Development of IARC Monograph 112: Assessment Process, Review Panel Decisions, and Basis for Final Panel Decisions. In: **Cancer Hazards: Parathion, Malathion, Diazinon, Tetrachlorvinphos and Glyphosate: The 2015 IARC Classifications: Implications for Regulation, Environmental Justice, and Global Health**. Cham: Springer International Publishing, 2022. p.71-93.

RICKERBY, A.; GREEN, R., Barriers to adopting a plant-based diet in high-income countries: A systematic review. **Nutrients**, v. 16, p. 823, 2024.

SCARPELIN, C. *et al.*, New plant-based kefir fermented beverages as potential source of GABA. **Journal of Food Science and Technology**, v. 62, p. 264-272, 2025.

SHA, L.; XIONG, Y., Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v. 102, p. 51-61, 2020.

SHEN, C. *et al.*, Factors Impacting Plant-Based Meat Product Consumption: A Consumer Survey Conducted in a New First-Tier City in China. **Foods**, v. 13, p. 3496, 2024.

SIEGRIST, M.; HARTMANN, C., Why alternative proteins will not disrupt the meat industry. **Meat Science**, v. 203, p. 109223, 2023.

SPRINGMANN, M. *et al.*, The global and regional costs of healthy and sustainable dietary patterns: a modelling study. **The Lancet Planetary Health**, v. 5, p. e797-e807, 2021.

STRASBURG, V. *et al.*, Environmental footprints and eco-efficiency of food used in a hospital in Uruguay. **Sustainability in debate**, v. 15, p. 94-111, 2024.

STRATE, M. *et al.*, Dinâmicas da soberania alimentar, segurança alimentar e nutricional no Rio Grande do Sul: indicadores e territorialidades. **Segurança alimentar e nutricional**, v. 29, p. e022033-e022033, 2022.

THE GOOD FOOD INSTITUTE. Fazenda Futuro - Futuro Burger. 2019. Disponível em: <https://gfi.org/blog/fazenda-futuro-launches-futuro-burger/>. Acesso em: 04/04/2025.

THE GOOD FOOD INSTITUTE. Proteínas alternativas: o mercado de vegetais no Brasil. São Paulo: GFI Brasil, 2020. Disponível em: https://gfi.org.br/wp-content/uploads/2020/06/GFI_2020_IndProtAlternativas.pdf. Acesso em: 04/04/2025.

THE GOOD FOOD INSTITUTE. Pesquisa de Consumidor 2023/2024. 2024. Disponível em: <https://revistaforum.com.br/u/archivos/2024/5/27/Pesquisa%20de%20Consumidor%202023%202024%20GFI%20Brasil.pdf>. Acesso em: 03/04/2025.

TONSOR, G. *et al.*, Market potential of new plant-based protein alternatives: Insights from four US consumer experiments. **Applied Economic Perspectives and Policy**, v. 45, p. 164-181, 2023.

TSO, R.; FORDE, C., Unintended consequences: nutritional impact and potential pitfalls of switching from animal-to plant-based foods. **Nutrients**, v. 13, p. 2527, 2021.

VAN LOO, E. *et al.*, Consumer preferences for farm-raised meat, lab-grown meat, and plant-based meat alternatives: Does information or brand matter?. **Food Policy**, v. 95, p. 101931, 2020.

VIROLI, G. *et al.*, Exploring benefits and barriers of plant-based diets: Health, environmental impact, food accessibility and acceptability. **Nutrients**, v. 15, p. 4723, 2023.

WACKERNAGEL, M. *et al.*, Ecological footprint. In: **Handbook of the Anthropocene: Humans between Heritage and Future**. Cham: Springer International Publishing, p. 585-590, 2023.

WILKINSON, J. BRASIL E CHINA NA NOVA ONDA DE INOVAÇÕES NO SISTEMA AGROALIMENTAR GLOBAL. **Revista do Serviço Público (Civil Service Review)**, v. 74, 2023.

WILLETT, W. *et al.*, Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The lancet**, v. 393, p. 447-492, 2019.

YU, Y. *et al.*, Assessing regional and global water footprints for the UK. **Ecological Economics**, v. 69, p. 1140-1147, 2010.

ZHANG, T. *et al.*, The development history and recent updates on soy protein-based meat alternatives. **Trends in Food Science & Technology**, v. 109, p. 702-710, 2021.

ZHANG, Z. *et al.*, Production of plant-based seafood: Scallop analogs formed by enzymatic gelation of pea protein-pectin mixtures. **Foods**, v. 11, p. 851, 2022.

ZHOU, H. *et al.*, Development of plant-based whole egg analogs using emulsion technology. **Food Research International**, v. 187, p. 114406, 2024.

ZUIN, V. *et al.*, Alternative Products Selling Sustainability? A Brazilian Case Study on

Materials and Processes to Produce Plant-Based Hamburger Patties. **Sustainable Chemistry**, v. 3, p. 415-429, 2022.