

Carne de laboratório: uma revisão bibliográfica *Laboratory Meat: a literature review*

Autor(es): Jhenifer Cintia Beneti; Flavia Muradas Bulhões

Filiação: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul

E-mail: jhenifer.beneti@hotmail.com; flavia-bulhoes@uergs.edu.br

Grupo de Trabalho (GT): 10 – Abastecimento, Segurança Alimentar e Nutricional e dinâmicas de consumo

Resumo

A carne de laboratório é um alimento obtido por processo tecnológico, a partir de cultivo celular. O desenvolvimento desta técnica está relacionado ao debate sobre alternativas para a produção convencional de carne, considerando a crescente necessidade por alimento, a necessidade de redução de impactos socioambientais e questões de bem-estar animal. Diante desses desafios, a carne in vitro emerge como uma alternativa promissora, mas existem várias questões a serem consideradas, como: legislações e regulamentações, mão de obra empregada, bem como prováveis impactos em relação a nova tecnologia. O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão de literatura científica recente (2021-2023) sobre as legislações relacionadas ao cultivo celular da carne de laboratório e implicações socioambientais, analisando argumentos favoráveis e contrários. A metodologia adotada foi uma revisão de literatura narrativa, compilando artigos das bases de dados empregando as palavras-chave "cell culture laboratory meat". Em relação aos resultados encontrados, constatou-se que não há legislação sobre esse tema no Brasil, mas há um programa em debate; os argumentos favoráveis à produção de carne in vitro abordam a redução de impactos ambientais associados à criação animal, especialmente a intensiva, bem-estar animal (questões humanitárias de abate) e segurança alimentar; e os argumentos contrários enfatizam questões sociais, especialmente a redução de oportunidades no mercado de trabalho; aspectos ambientais, como os resíduos e os gastos energéticos na produção, que ocorrerão em grande escala, o alto custo inicial do processos e as incertezas em relação ao comportamento do consumidor em relação à carne in vitro. Conclui-se que a carne in vitro é um tema recente, complexo e contraditório, sendo necessário considerar os desafios técnicos, regulatórios e sociais associados a essa alternativa, ampliando estudos nessa área.

Palavras-chave: Carne in vitro. Impacto socioambiental. Consumidor, Mercado de trabalho.

Abstract

Laboratory meat is a food obtained through a technological process based on cell cultivation. The development of this technique is related to the debate on alternatives to conventional meat production, considering the growing need for food, the need to reduce socio-environmental impacts and animal welfare issues. Faced with these challenges, in vitro meat is emerging as a promising alternative, but there are several issues to be considered, such as legislation and regulations, the labor force employed, as well as the likely impacts of the new technology. The aim of this paper is to conduct a review of recent scientific literature (2021-2023) on legislation related to the cell cultivation of laboratory meat and socio-environmental implications, analyzing arguments for and against it. The methodology adopted was a narrative literature review, compiling articles from databases using the keywords "cell culture laboratory meat". The results found that there is no legislation on this issue in Brazil, but there is a program under debate; the arguments in favor of in vitro meat production address the reduction of environmental impacts associated with animal husbandry, especially intensive animal husbandry, animal welfare (humane slaughter issues) and food safety; and the opposing arguments emphasize social issues, especially the reduction of opportunities in the job market; the environmental aspects, such as waste and energy costs in production, which will occur on a large scale, the high initial cost of the process and uncertainties regarding consumer behavior in relation to in vitro meat. It is concluded that in vitro meat is a recent, complex and contradictory topic, and that it is necessary to consider the technical, regulatory and social challenges associated with this alternative, expanding studies in this area.

Key words: In Vitro Meat. Socioenvironmental Impact. Consumer. Job market.

1. Introdução

Apesar das diminuições no consumo da carne em tempos de crise, a demanda tem crescido de maneira considerável no mundo todo, sendo mais expressiva nos países em desenvolvimento (CHEMNITZ, 2015). A população global está projetada para atingir 9,8 bilhões no ano 2050, este crescimento populacional implica uma produção pecuária projetada de 455 milhões de toneladas em 2050 (ALEXANDRATOS e BRUINSMA, 2012), o que é 40% superior ao número relatado em 2019 (OCDE-FAO, 2020).

A criação de animais para consumo é uma das principais atividades econômicas do Brasil. Além do consumo de carne ser parte da cultura brasileira ocorre também a exportação de alguns tipos de animais como bovinos, suínos e frangos, além de diversas matérias-primas que servem para alimentar esses animais, como a soja e o milho (SCHESINGER, 2015).

A produção da carne, em especial a bovina, necessita de uma grande área de terra, e gera diversos problemas ambientais, entre eles o desmatamento e emissão de gases do efeito estufa, prejuízos gerados ao solo em razão de agrotóxicos e pesticidas para produção de monoculturas que alimentam os animais e poluição de reservatórios de aquíferos (SAMBUICHI et al., 2012). Outro fator a ser considerado na produção de carne, é o bem-estar animal, apesar de toda legislação, cuidados e boas práticas, os animais estão sujeitos a estresse, medo e angústia. Durante todo manejo pré-abate, o gado está exposto a fatores que causam estresse, respondendo por meio de alterações bioquímicas, fisiológicas e comportamentais. As condições de estresse em que o animal se encontra no período de pré-abate influenciam essa queda de pH, refletindo na qualidade do produto (MANZI, 2016).

Com a população global cada vez maior, é muito difícil garantir um fornecimento sustentável de proteínas animais a partir de uma única fonte ou forma e requer uma abordagem holística, utilizando todas as opções adequadas (KUMAR et al., 2023). Vários exemplos de novas fontes de proteína são a carne cultivada, a carne vegetal, a proteína de inseto e a proteína unicelular, que têm despertado o interesse dos investigadores e da indústria alimentar nos últimos anos (KUMAR et al., 2023).

Nos últimos anos, tem crescido a noção de que alternativas podem ser necessárias para a produção convencional de carne através da pecuária, geralmente com base em preocupações sobre sustentabilidade, carga ambiental e bem-estar animal. Essas preocupações aumentaram devido à intensificação do pastoreio e abate de gado, e pela previsão de um rápido aumento no consumo global de carne. (FAO, 2023). Considerando os impactos ligados à pecuária, diferentes estratégias têm sido propostas para atender à crescente demanda por carne, desde alternativas à base de plantas até farinha de insetos, agricultura de baixo impacto e carne cultivada (CHODKOWSKA E WOJCIECHOWSKI, 2022).

A carne *in vitro*, ou carne cultivada, representa uma das alternativas à carne mais promissoras, mas é ao mesmo tempo desafiadora. Esta técnica baseia-se no cultivo de células em condições específicas para obter uma estrutura semelhante à carne, dotada de características sensoriais de carne. O primeiro experimento envolvendo o cultivo de carne foi realizada em 1979 por Russel Ross, que utilizou células derivadas de músculo liso de porco para obtenção de fibras (BURKE, 197-9). No entanto, foi somente em 2013 que a equipe do professor Mark Post, da Universidade de Maastricht, desenvolveu o primeiro hambúrguer cultivado (JHA, 2013), abrindo novas perspectivas e desafios e abrindo caminho para abordagens modernas para o cultivo de carne *in vitro*. Inovações em métodos de cultura de células têm sido aplicadas a este campo com bons resultados, especialmente com a introdução de suportes 3D que tornaram a obtenção de um produto com aparência de carne ainda mais realista (HANDRAL et al., 2022). Apesar de algumas das dificuldades envolvidas na co-cultura desses tipos de células que são naturalmente típicas da carne, avanços recentes levaram a resultados promissores, impulsionando a cultura de carne *in vitro* para novas perspectivas e possibilidades de desenvolvimento (BOMKAMP et al., 2022).

O objetivo geral deste trabalho é verificar, por meio de uma revisão de literatura científica dos últimos dois anos, as legislações envolvidas no cultivo celular da carne de laboratório e suas implicações socioambientais, incluindo a análise de argumentos favoráveis e contrários relatados nos trabalhos estudados.

2. Procedimentos metodológicos

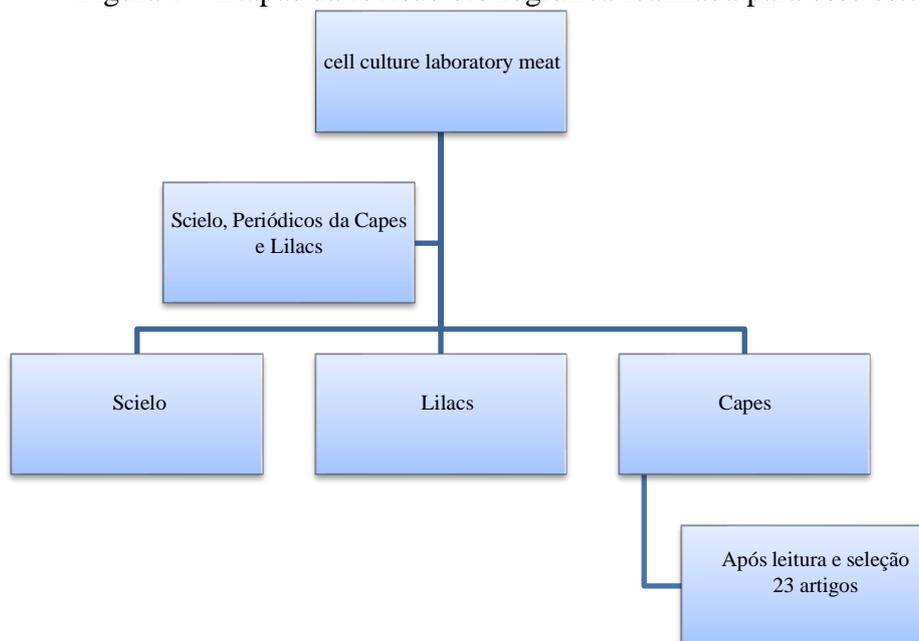
O trabalho realizado é uma revisão de literatura do tipo narrativa. Foram compilados artigos no período de até 02 anos, ou seja, publicados entre os anos de 2021 a 2023, nas seguintes bases de dados: Scielo, Lilacs e Periódicos da Capes. Foram utilizadas as palavras-chave para busca: cell culture laboratory meat.

Em relação aos tipos de produções como critério de inclusão foram inclusos na pesquisa: artigos, resenhas e artigos disponíveis na íntegra, com livre acesso, que tivessem relação com os objetivos deste estudo, estudos empíricos quantitativos e qualitativos. Como critério de exclusão foram retirados arquivos repetidos, amostras inadequadas e com temática não contemplativa dos objetivos.

Para análise, foram filtrados os artigos (nos idiomas espanhol, inglês e português), conforme o título e resumo. Na sequência, foram selecionados os trabalhos que possuíam maior aderência ao tema da pesquisa, os quais foram analisados na íntegra, para posterior inclusão no artigo.

Na plataforma Periódicos da CAPES foram encontrados 107 artigos científicos. Já na plataforma da Scielo, não foram encontradas publicações relacionadas aos termos utilizados na busca. A figura 1 apresenta as etapas de realização da revisão bibliográfica e os resultados de cada plataforma. Após análise e leitura dos artigos, percebeu-se uma ausência de temas importantes como: neofobia, segurança alimentar e perda da diversidade de sabores, desta forma, realizou-se o acréscimo destes tópicos nos resultados.

Figura 1 – Etapas da revisão bibliográfica realizada para esse estudo.



Fonte: Autora, 2024.

Após avaliação conforme os objetivos propostos, foram selecionados 23 artigos para

análise detalhada.

Quadro 1 – Artigos analisados

Título	Ano
Carne in vitro: aspectos técnicos, mercadológicos e perspectivas.	2023
Lab-based meat the future food. Environmental Advances	2023
Meat safety legislation and its opportunities and hurdles for innovative approaches: a review. Food Control	2022
The role of alternative proteins and future foods in sustainable and contextually-adapted flexitarian diets	2022
The social impacts of a transition from conventional to cultivated and plant-based meats: evidence from Brazil	2022
Cultured Meat on the Social Network Twitter: clean, future and sustainable meats	2022
Sustainable Future Protein Foods: the challenges and the future of cultivated meat	2022
Uma visão sistêmica sobre terminologias, aspectos legais, nutricionais, considerações sobre consumidor e mercado potencial, métodos e meios de cultivo	2022
Federal Food, Drug, and Cosmetic Act (FD&C Act).	2021
Safety of Alternative Proteins: technological, environmental and regulatory aspects of cultured meat, plant-based meat, insect protein and single-cell protein	2021
Clean meat: techniques for meat production and its upcoming challenges	2021
Global greenhouse gas emissions from animal-based foods are twice those of plant-based foods	2021
Emissions, measurement, and control of odor in livestock farms: a review. Sci. Total Environ	2021
Infectious diseases and meat production. Environmental Resource Economics	2021
The future of cultured meat between sustainability expectations and socio-economic challenges. In: Future Foods: Global Trends, Opportunities and Sustainability Challenges	2021
Effect of informative claims on the attitude of Italian consumers towards cultured meat and relationship among variables used in an explicit approach.	2021
PIB do agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020.	2021
Mercado de trabalho do agronegócio brasileiro: 4 trimestre de 2020	2021
Social and Economic Opportunities and Challenges of Plant-Based and Cultured Meat for Rural Producers in the US.	2021
Meat consumption: Which are the current global risks? A review of recent (2010–2020) evidences.	2020
Os desafios de definir uma dieta saudável e 'sustentável'	2020
The development of lab-grown meat which will lead to the next farming revolution. Proteus	2020
Codex Alimentarius - Code of Practice on Food Allergen Management for Food Business Operators (CXC 80-2020)	2020

Fonte: Autora, 2024.

3. Resultados e discussão

3.1 Legislações pertinentes

A legislação referente à higiene durante o abate e processamento da carne estabelece diretrizes, restrições e metas para matadouros e plantas de corte. Essas leis e regulamentos são implementados em níveis internacionais, regionais ou nacionais, e são apoiados por princípios, códigos, diretrizes e acordos estabelecidos por organizações globais como a FAO, Organização Mundial da Saúde, Organização Mundial da Saúde Animal, Organização Mundial do Comércio e Codex Alimentarius (NAGEL et al., 2022).

Na União Europeia (UE), os estados-membros e países com acordos comerciais devem adaptar as leis e regulamentos da UE à sua legislação nacional. Um exemplo disso é a Nova Zelândia, que incorporou acordos bilaterais com a Austrália em sua legislação. Nos Estados Unidos, as leis federais são aplicadas ao comércio interestadual e estabelecem padrões mínimos, enquanto as leis estaduais e locais podem adotar ou modificar, mas não enfraquecer, os requisitos federais. As autoridades competentes são responsáveis pela implementação desses

princípios e legislação internacional, adaptando-os às estruturas legais, políticas, tradições e cultura local. Em todos os países, a lei e os procedimentos administrativos impõem obrigações aos Operadores de Empresas de Alimentos (FBOs), como a necessidade de realizar análises de perigos para garantir a produção de alimentos seguros (CODEX ALIMENTARIUS, 2020).

A regulação alimentar desempenha um papel crucial na garantia da segurança das proteínas alternativas, como carne cultivada, esse alimento é um considerado novo alimentos e regulamentados de acordo (HADI; BRIGHTWELL, 2021). A Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) é a principal instituição responsável pela segurança alimentar na Europa e atua como consultora especializada para a Comissão Europeia (CE) (HADI; BRIGHTWELL, 2021). O mais recente Regulamento (EC) 2015/2283 da legislação alimentar da CE, que entrou em vigor em 2018, aborda a aprovação de alimentos derivados de ingredientes ou processos de produção não utilizados na União Europeia antes de 15 de maio de 1997. Outros regulamentos relevantes da CE incluem regulamentos de higiene alimentar, como o Regulamento (CE) 852/2003 e (CE) 853/2004 (US food, 2021). A regulação de proteínas alternativas também pode ocorrer por meio da Lei de Alimentos, Medicamentos e Cosméticos, incluindo a avaliação do status de reconhecimento geralmente seguro (GRAS) (FDA, 2021).

Em 2019, a Food and Drug Administration (FDA) e os Serviços de Inspeção e Segurança Alimentar do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA-FSIS) anunciaram uma colaboração para regular a carne cultivada. Sob esse acordo, a FDA ficará responsável pela supervisão das etapas iniciais, incluindo a coleta de células, bancos de células, crescimento e diferenciação celular. Por outro lado, o USDA-FSIS será responsável pela regulamentação dos processos pós-colheita, abrangendo a produção e rotulagem dos alimentos finais à base de células. Além disso, foram propostas a Lei Federal de Inspeção de Carne e a Lei de Inspeção de Produtos Avícolas como legislações de apoio nos Estados Unidos. Na Europa, a carne cultivada poderá estar sujeita aos Regulamentos (EC) 1829/2003 e 1830/2003, caso sejam utilizadas células geneticamente modificadas, como as células-tronco pluripotentes induzidas. (GRAS) (FDA, 2021).

Já no Japão, a carne cultivada (dependendo do método de produção) está sujeita à legislação existente, e pode não exigir uma avaliação ou aprovação prévia antes de entrar no mercado. No entanto, o governo japonês está trabalhando no desenvolvimento de regulamentos específicos para moldar adequadamente o mercado, garantindo a segurança alimentar e considerando o consentimento do consumidor. Grupos de produtores estão estabelecendo padrões da indústria e colaborando com legisladores para fortalecer a confiança dos consumidores. Em abril de 2020, o Ministério da Agricultura, Florestas e Pescas (MAFF) do Japão iniciou o Grupo de Investigação em Tecnologia Alimentar, composto por mais de 100 empresas, com o objetivo de apoiar a indústria de alimentos e reforçar a segurança alimentar por meio da aplicação de tecnologia avançada. Essas iniciativas representam uma colaboração entre indústria, universidades e governo para estabelecer regulamentações para carne, laticínios e ovos cultivados, a fim de facilitar sua comercialização no Japão (CHODKOWSKA; WÓDZ; WOJCIECHOWSKI, 2022).

Em muitos países, a regulamentação da produção e venda de carne celular ainda não está claramente estabelecida, no entanto, em alguns países onde a produção industrial de carne celular já está em andamento, foram criadas regulamentações abrangentes para garantir a comercialização de um produto seguro para os consumidores (CHODKOWSKA; WÓDZ; WOJCIECHOWSKI, 2022). Nos últimos meses, com o envolvimento de figuras públicas e grandes empresas da indústria de carne em projetos relacionados à carne celular, houve um intenso debate e esforços para desenvolver regulamentações na União Europeia (UE) que

permitam a produção industrial desse tipo de produto e sua venda segura tanto dentro quanto fora da EU (CHODKOWSKA; WÓDZ; WOJCIECHOWSKI, 2022).

Já no Canadá, a carne e os frutos do mar cultivados são considerados "novos alimentos" e requerem a apresentação de informações específicas, como testes para confirmar a segurança do produto para consumo, informações sobre alérgenos, níveis de contaminantes químicos, entre outros, durante o processo de solicitação de aprovação antes da introdução no mercado. A aprovação completa do produto é composta por três partes: (i) uma nota de não objeção ao uso humano do alimento como parte da avaliação de novos alimentos, (ii) uma avaliação prévia à introdução no mercado como ração animal, independentemente de o produto ser usado como tal, devido a possíveis sobreposições nas cadeias de abastecimento, e (iii) uma avaliação ambiental que segue as disposições para a aplicação de novas substâncias. A obtenção das três licenças é necessária para a venda desses produtos no Canadá. Uma questão legal separada diz respeito à engenharia genética (GE) aplicada à carne de células, que provavelmente será classificada como um produto "geneticamente modificado" de acordo com a ampla definição desse tipo de produto, incluindo qualquer alteração nas características hereditárias de microrganismos, plantas ou animais por meio de manipulação. Essa definição engloba métodos clássicos, como multiplicação convencional e mutagênese, assim como métodos mais recentes, como a tecnologia de rDNA ou edição de genes (não se limitando à transferência de material genético entre espécies). No caso da carne de células, isso pode exigir que o produtor forneça informações sobre a composição completa do produto, a fim de avaliar se a carne de células é nutricionalmente comparável ao análogo de carne, além de evidências de que o alimento não contém toxinas ou alérgenos resultantes de modificações genéticas.

No Brasil, o desafio regulatório enfrentado pela carne cultivada é considerável devido a diversos aspectos, é provável que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) atuem como os órgãos reguladores, sendo a Anvisa o principal entre eles (FEDDERN et al., 2022)

Uma proposta apresentada no estudo regulatório é a criação de um Guia para Solicitação de Aprovação Pré-Mercado de Carnes e Seus Componentes Produzidos por Cultura Celular. Esse guia abrangeria informações gerais, leiaute das instalações industriais, descrição detalhada do processo de fabricação e um sistema de controle para garantir a consistência do processo produtivo, assim como a qualidade e segurança dos produtos (FEDDERN et al., 2022).

O MAPA está implementando o Plano Nacional de Proteínas Alternativas (PNPA), como relatado por Daniel Trento, Coordenador Geral de Articulação para Inovação do Departamento de Apoio à Inovação para Agropecuária do MAPA, também presente no evento. Essas ações refletem um esforço para fomentar a inovação aberta e estabelecer uma regulamentação adequada para as proteínas alternativas no Brasil (FEDDERN et al., 2022)

O posicionamento necessário do Brasil na área de sistemas alimentares contemporâneos está registrado na Estratégia Federal de Desenvolvimento para o Brasil (2020-2031). Como resultado, o Radar Agtech realizou um mapeamento das *startups* do setor agropecuário brasileiro e, em pesquisas conduzidas em 2020 e 2021, constatou um crescimento de 40% nesse mercado. As principais áreas de atuação dessas startups são alimentos inovadores e novas tendências alimentares (FEDDERN et al., 2022)

Um dos principais desafios para a implementação da produção de carne cultivada é a necessidade de estabelecer uma planta piloto e escalar a produção, uma vez que os custos são elevados. Por essa razão, os principais focos de atuação do Diagro/SDI/Mapa (Departamento de Inovação, Agricultura de Precisão e Tecnologia do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) em relação à *Food Tech* são o incentivo aos ambientes de inovação, ao empreendedorismo tecnológico, à agregação de valor, ao apoio na discussão sobre o arcabouço

regulatório para o desenvolvimento e inovação em *Food Techs*, e à construção de uma agenda nacional voltada para novos ingredientes baseados em tecnologia (FEDDERN et al., 2022).

3.2 Argumentos favoráveis à produção de carne *in vitro*

Os argumentos favoráveis à produção de carne de laboratório identificados na pesquisa realizada são relacionados à redução do impacto gerado pela criação de animais, que envolve emissões de gases de efeito estufa, alta demanda de solo e água doce, destruição de ecossistemas e da biodiversidade; e também às questões sanitárias e nutricionais.

O alto consumo de carne trouxe sérios impactos ao meio ambiente (SRUTEE et al., 2021). A indústria da carne contribui amplamente para o aquecimento global, pois a criação de animais requer uma grande pegada ambiental em termos de demanda de solo e água e emissão de gases de efeito estufa (GEE) (SRUTEE et al., 2021). A indústria da carne é responsável por 57% do total de 17.318 TgCO₂eq ano⁻¹ de GEE emitidos pela produção global de alimentos (XU et al., 2021). Para Gonzáles et al. (2020), a redução do consumo global de carne poderia reduzir significativamente os efeitos do efeito estufa que o GEE causa no meio ambiente e nas mudanças climáticas, com redução da produção de carne e das atividades de pecuária.

O cuidado com o ambiente natural também parece ser um dos principais fatores que contribuem para a redução do consumo de carne em alguns grupos de consumidores. Deve-se enfatizar que, apesar de realizar ações multifacetadas, a produção de alimentos de hoje ainda não é totalmente sustentável. A produção animal contribui para a crescente emissão de GEE, e a demanda por matérias-primas para alimentação animal destrói, por vezes, ecossistemas únicos, afetando negativamente a biodiversidade (STEENSON e BUTTRISS, 2020). Relatórios emitidos pela FAO revelam que aproximadamente 14,5% das emissões totais de gases de efeito estufa estão relacionadas à produção animal. Durante os anos de 2018 a 2020, as emissões provenientes da produção de carne representaram cerca de 54% das emissões totais da agricultura (CHODKOWSKA et al., 2022). Embora se espere um aumento na produção de carne, o aumento projetado de 5% nas emissões do setor de carnes até 2030 é significativamente menor. Esse cenário se deve, em grande parte, ao crescimento da produção avícola e ao aumento previsto na produção de carne em um determinado rebanho (CHODKOWSKA et al., 2022).

Para George (2020), a produção de carne em laboratório tem o potencial de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em mais de 96% em comparação com os métodos convencionais, já para Srutee et al. (2020) dependendo do tipo de células animais utilizadas, a carne cultivada em laboratório pode resultar em até 45% menos consumo de energia, 99% menos uso de terras e 96% menos uso de água. Portanto, acredita-se que essa nova tecnologia de produção de carne em laboratório tenha um enorme potencial ambiental e possa contribuir para a conservação e preservação do meio ambiente (CHING et al., 2022).

Além disso, a produção animal está associada a um consumo substancial de água doce, estimando-se que cerca de 23% do consumo total de água seja utilizado pela produção animal. Essa demanda contribui para a crescente escassez de água em algumas regiões do mundo (FAO, 2023).

Para Wang et al. (2021), a pecuária intensiva é responsável pela poluição da água, do ar e do solo, essa atividade emite altos níveis de amônia ambiental proveniente do ácido úrico presente nas fezes e na urina, devido às atividades da enzima urease. No manejo do esterco de gado, a amônia é uma das substâncias odoríferas presentes, podendo atingir concentrações de até 4100 ppm na área afetada (WANG et al., 2021).

Baseado no relatório CE Delf TEA, de novembro de 2021, a redução da pegada de carbono em relação a carne de frango seria de 17%, já em relação à carne suína, seria de 52% e em relação a carne bovina a redução seria ainda maior, de 92%. Quanto ao uso da terra, em

comparação a carne cultivada, haveria redução de 63% comparada ao frango, 72% em relação ao suíno e 95% em relação ao bovino. Comparando a poluição do ar em relação a produção de carne cultivada a redução seria de 29%, 49% e 93% nas respectivas espécies (CHODKOWSKA et al., 2022).

Outro grande problema que seria evitado por meio da produção da carne de laboratório, é a contaminação e transmissão de doenças. A criação de animais e o abate na indústria pecuária apresentam um potencial risco de transmissão de doenças zoonóticas, conforme apontado por Espinosa et al. (2020). Os surtos de infecções zoonóticas geralmente estão relacionados a práticas deficientes de higiene e evisceração em indústrias de carne, como mencionado por Espinosa et al. (2020). Patógenos bacterianos e virais, como *Salmonella*, *Listeria*, *Campylobacter*, *Escherichia coli*, *hepatovírus A.*, *ortohepevírus A.* e vírus entéricos, bem como patógenos resistentes a antibióticos, foram detectados em matadouros. Esses patógenos podem ser facilmente transmitidos aos seres humanos por meio de fluidos e tecidos corporais, representando um risco significativo para a saúde humana (MANCINI E ANTONIOLI, 2021).

Os efeitos negativos do consumo de carne impulsionaram o desenvolvimento da carne de laboratório, que oferece nutrição ajustável e é livre de antibióticos (PIOCCHI et al., 2022). Durante o processo de produção da carne de laboratório, é possível ajustar os conteúdos nutricionais para atender aos valores nutricionais dos alimentos de origem animal contemporâneos (C-ASF) (GREEN et al., 2022).

3.3 Argumentos contrários à produção de carne *in vitro*

As principais implicações negativas relatadas para a produção da carne *in vitro* se relacionam com o mercado de trabalho, risco de impacto econômico para pequenos produtores, geração de resíduos, consumo energético, consumo de água, impactos sobre a cultura alimentar, comportamento incerto dos consumidores, neofobia e segurança alimentar.

O mercado de trabalho nos sistemas de produção animal brasileiros empregou 3,52 milhões de pessoas em 2020, sendo 117.665 envolvidos na produção de ração animal e serviços veterinários, 2.879.130 em atividades de criação de animais e 521.537 no abate de animais (CEPEA, 2021). Trabalhadores mais qualificados, como veterinários, podem ser realocados para outros cargos e áreas, inclusive na cadeia da carne cultivada, mas a preocupação mais significativa dos especialistas era com os trabalhadores menos qualificados. Embora alguns deles possam ser absorvidos por outras atividades agrícolas, tais como culturas, o desemprego pode ser um problema.

A baixa qualificação da mão de obra brasileira é outro problema social relevante. Os dados mostram que apenas 11% das pessoas que trabalham na fase de abate e processamento, 9% das que trabalham na criação de frangos, 4% das que trabalham na criação de gado e 3% das que trabalham na criação de suínos têm universidade licenciatura (CEPEA-CNA, 2021). O percentual de pessoas que não conseguiram concluir o primeiro ciclo da educação formal no Brasil (nove anos de escolaridade) foi de 60% para a criação de bovinos e suínos e de 44% para a cadeia de frangos. O número de pessoas sem qualquer educação formal para a criação de gado é de 7%, 11% para a avicultura e 3% para a produção de suínos (CEPEA-CNA, 2021).

Morais-da-Silva et al. (2022) entrevistou vários especialistas da área de produção animal e refere que a maioria dos peritos consultados argumenta que os pequenos produtores serão os primeiros e mais fortemente impactados em caso de uma diminuição na procura por carnes convencionais. De acordo com os especialistas, essa tendência se deve a características peculiares desse grupo, como a falta de economias de escala, baixa produtividade, menor adoção de tecnologia, elevados custos de produção, bem como à limitada disponibilidade de crédito financeiro e ao aumento das exigências regulatórias (MORAIS-DA-SILVA et al. 2022).

Tais características podem ter um impacto adverso no desempenho dos pequenos produtores em um cenário de mercado em que a demanda por produtos convencionais é reduzida. Juntamente com a queda na procura por parte dos produtores de carne convencionais, o desemprego poderá ser um desafio significativo, de acordo com os especialistas entrevistados.

Porém, o estudo de Newton e Blaustein-Rejto (2021) trouxe uma previsão diferente para pequenos produtores nos Estados Unidos. Para eles, espera-se que os pequenos produtores sejam pouco impactados, pois a maioria não tem os produtos de origem animal como principal fonte de rendimento; por outro lado, os grandes produtores seriam mais afetados por uma queda significativa na procura de carne convencional. Assim, as conclusões dos Estados Unidos diferem daquelas aqui reportadas para o Brasil, o que indica que as explorações agrícolas mais pequenas podem sofrer mais e primeiro do que as explorações de outros tamanhos. A percepção de prováveis maiores desvantagens para as propriedades rurais menores no Brasil pode estar relacionada à menor diversificação de atividades e à baixa qualificação e conhecimento técnico das pessoas envolvidas (CEPEA-CNA, 2021).

Outra barreira potencial à introdução generalizada de carne cultivada é a natureza extremamente técnica da sua produção, que requer funcionários altamente qualificados e especializados em termos de formação e experiência (PILAROVA et al, 2022). Um estudo (STEPHENS et al, 2018) observou que, devido à incerteza em torno de exatamente como e onde a carne cultivada será produzida, há também ambiguidade em torno do futuro apoio governamental à indústria através de subvenções, subsídios e programas de formação.

A segunda implicação negativa mais registrada nas bibliografia consultada envolveu questões ambientais ligadas à geração de resíduos e ao consumo energético associados à carne de laboratório. Estudo realizado por Mendonça e Silva (2015) indica que há problemas ambientais significativos nessa forma de produção, os autores relatam que os laboratórios causam impactos com a utilização de espaço físico, insumos (água e energia), matérias-primas, resíduos gasosos, líquidos e sólidos, como os plásticos que não podem ser reciclados e reutilizados.

Sobre os gastos energéticos e de consumo de água na produção da carne, Stephens et al. (2018) referiu que embora biorreatores na ordem de 2000 litros sejam comumente utilizados na indústria, estima-se que para produção de 1 kg de “carne limpa” seja requerido um volume de aproximadamente 5000 litros. Alguns autores afirmam que, apesar de necessitar de um grande volume de água, a produção da carne *in vitro* não requereria um espaço tão amplo quando comparado, por exemplo, à quantidade de terra demandada pelas atividades agropecuárias, além das instalações poderem ser construídas verticalmente (BHAT; KUMAR; FAYAZ, 2015). Em contrapartida, estima-se que com relação ao consumo de energia, o processamento das carnes *in vitro* requer quantidades maiores de energia se comparada a produção de carnes convencionais, o que representa um desafio para o desenvolvimento das instalações (MATTICK et al., 2015).

Ao se comparar os impactos ambientais gerados pela produção de carnes convencionais, carnes *in vitro* e suas alternativas através de Análises de Ciclo de Vida, os autores Smetana et al. (2015) concluíram que as carnes cultivadas em laboratório geram maiores impactos relacionados ao uso de recursos naturais, como água e solo em relação a produção convencional. Também há preocupação com relação às grandes quantidades de energia requeridas para a produção da carne limpa, principalmente por conta das etapas de bioprocessamento e limpeza dos biorreatores, conforme mencionado anteriormente.

Além das questões relacionadas ao consumo de recursos naturais, há a questão do impacto sobre a cultura. A alimentação está intrinsecamente ligada à cultura humana, como destacado por vários estudiosos (Kittler et al., 2011). Reconhecer e compreender a dimensão cultural da segurança alimentar é agora amplamente considerado como uma parte fundamental

da transição para dietas mais saudáveis e sustentáveis para todas as populações (Keding et al., 2013). Esse reconhecimento é evidente no crescente destaque dado à cultura como um dos "motores profundos" da segurança alimentar em vários quadros conceituais. Apesar desse reconhecimento em ascensão, a cultura tem sido frequentemente negligenciada em discussões sobre combate à subnutrição por parte de tomadores de decisão políticos e pesquisadores. Inúmeras intervenções bem-intencionadas em segurança alimentar falharam devido à falta de consideração pelos contextos culturais, desde a rejeição de entregas de ajuda alimentar inadequadas culturalmente até o desrespeito por recomendações dietéticas que entram em conflito com o significado cultural de certos alimentos (WFP, 2012).

Nesse contexto, o consumo de carne cultivada em laboratório é uma mudança significativa na cultura alimentar, uma vez que não faz parte da história da alimentação humana. O consumo de carne acompanha os humanos a milhares de anos e envolve aspectos culturais diversos, incluindo a comensalidade, sendo parte significativa da cultura alimentar de vários povos. Assim sendo, há dúvidas sobre a aceitabilidade desse novo alimento, envolvendo questões relacionadas com o comportamento incerto do consumidor sobre novos produtos, que pode incluir desde a fácil aceitação até a neofobia.

O comportamento incerto do consumidor é outro elemento contrário importante quando analisa-se a potencialidade de ganho de escala na produção de carne de laboratório, uma vez que a aceitabilidade desse novo alimento pelos consumidores é importante para investimento no desenvolvimento da tecnologia. Foram identificadas pesquisas de opinião de consumidores sobre a possibilidade de consumo e compra de carne *in vitro*. Os estudos apresentados indicam uma variação significativa nas respostas dos consumidores de diferentes países.

Em estudo realizado por Gómez-Luciano, Aguiar, Vriesekoop e Urbano (2019) em quatro países (Brasil, Reino Unido, República Dominicana e Espanha), comparou a aceitação da carne de inseto, *in vitro* e vegetal. A opinião dos entrevistados foi consideravelmente variável, os entrevistados no Reino Unido e a Espanha mostraram uma maior disponibilidade para substituir as carnes tradicionais pelas três alternativas de proteína do que aquelas no Brasil e na República Dominicana que representavam os países menos desenvolvidos economicamente incluídos no estudo. Quando comparando proteínas alternativas à carne tradicional, os entrevistados atribuíram mais importância às características da carne, como salubridade, segurança e conteúdo nutricional, e/ou maior sustentabilidade, sabor e preço inferior às decisões de compra ou neofobia

A pesquisa realizada por Flycatcher (2019) com respeito à aceitação da carne *in vitro* na Holanda revelou que 63% dos entrevistados à favor da carne *in vitro*, enquanto 37% eram contrários, independentemente de estarem interessados ou não a adquirir o produto. Além disso, 52% dos entrevistados demonstrou interesse em experimentar a carne *in vitro*. Quando questionados sobre a possibilidade de compra, 23% afirmaram que "certamente" comprariam, 29% que "provavelmente" comprariam, 23% "talvez" comprariam, 13% "provavelmente" não comprariam, e apenas 12% afirmaram que não comprariam de forma alguma. Observa-se que aqueles que não tem certeza (responderam "provavelmente comprariam", "talvez comprariam" e "provavelmente não comprariam") somam 65%, ou seja, a maioria ainda tem dúvidas se consumiria ou não essa carne.

Em uma pesquisa semelhante realizada pelo jornal britânico The Guardian Post (2014), foi divulgado que 68% dos entrevistados manifestaram interesse em experimentar carne de laboratório. No entanto, num estudo realizado nos Estados Unidos, embora a maioria dos entrevistados estivesse disposta a experimentar carne *in vitro*, apenas um terço previsto manteve disposição definitiva ou voluntária para consumir carne *in vitro* regularmente ou como substituição da carne convencional. As principais questões identificadas incluíram o preço

inicial elevado, bem como o sabor e o apelo limitados do produto, particularmente com preocupações sobre a sua naturalidade (WILKS; PHILLIPS, 2017).

Oliveira (2020) avaliou atributos comparáveis entre a carne e a carne *in vitro*, e identificou que os atributos considerados mais importantes pelos consumidores foram os seguintes: 1) saudável; 2) risco zoonótico; 3) segurança; 4) impacto ambiental; 5) bem-estar animal; 6) impacto social; 7) sabor; 8) preço; 9) aspecto visual; 10) popularidade. Esse resultado indica que é fundamental informar os consumidores sobre os benefícios da segurança da carne de laboratório, como a redução de patógenos e contaminantes, e garantir uma regulamentação adequada para dissipar as preocupações dos consumidores em relação à segurança alimentar.

Pereira (2023) também avaliou a percepção do público em relação a temática da carne *in vitro* bem como a aceitabilidade e interesse, quando indagados sobre sustentabilidade, o estudo apontou que a grande maioria dos entrevistados acreditam que a carne cultivada possui produção mais ecológica e que poderia contribuir para o bem-estar animal.

Monteiro (2019) realizou um estudo amplo sobre a sustentabilidade do sistema alimentar e a viabilidade da carne de laboratório e demonstrou os seguintes resultados: com base nas respostas coletadas, é evidente que há uma preocupação significativa com questões sociais, como exploração de mão de obra, fome global e pobreza em países em desenvolvimento. Em relação às questões ambientais, as preocupações se concentram principalmente nas mudanças climáticas, escassez de recursos naturais e extinção de espécies animais. Ao analisar as opiniões sobre a principal fonte de intensificação das mudanças climáticas no futuro, a percepção aponta para o uso excessivo de combustíveis fósseis e a indústria agropecuária intensiva. Quando se trata dos hábitos de consumo de carne, a maioria dos entrevistados consome carne com frequência, com mais de quatro dias por semana, e normalmente inclui uma porção de carne que ocupa cerca de um quarto do prato em uma refeição típica. Quando questionados se estariam interessados em reduzir o consumo de carne, mais da metade dos entrevistados se mostraram propensos para fazê-lo, citando motivos como a pegada ecológica específica associada à criação de animais, a disponibilidade de alternativas alimentares igualmente ou mais nutritivas e preocupações com a saúde relacionada ao consumo de carne. Por outro lado, apenas 16,7% dos entrevistados não consomem carne regularmente, e as razões para isso incluem a alta pegada ecológica da criação de animais, a disponibilidade de alternativas alimentares igualmente ou mais nutritivas e preocupações com a saúde relacionadas ao consumo de carne.

Embora a maior parte dos estudos analisados tenha indicado que um percentual significativo dos consumidores tenham interesse em experimentar o produto, há ainda uma variação significativa entre os países.

Observou-se também que comportamento incerto dos consumidores, envolve também aspectos psicológicos e culturais, como a neofobia.

A neofobia foi definida como a reação de medo a novos estímulos ou situações (Mettke-Hofmann 2017). A neofobia alimentar é caracterizada pela recusa de um indivíduo em consumir alimentos novos e desconhecidos, enquanto a neofilia alimentar refere-se à aceitação de novos alimentos (GIORDANO et al., 2018).

Mustapa (2023) avaliou a farinha de insetos na Espanha, para entender o comportamento do consumidor, a pesquisa indicou que os consumidores espanhóis demonstraram considerável incerteza em relação aos produtos de origem animal vindos de insetos. No entanto, uma maioria favorável mostrou-se aberta a esses produtos, com apenas uma pequena proporção manifestando relutância. Essas descobertas sugerem um potencial para a introdução bem-sucedida de produtos de com farinha de inseto no país.

Krings et al., (2022) testou se as notáveis diferenças na receptividade à “carne limpa” estão associadas a diferenças prévias no medo de novas tecnologias alimentares, conhecido

como neofobia da tecnologia alimentar, realizaram três experimentos envolvendo um total de 1169 participantes, foram apresentados pratos rotulados como “carne limpa” ou “convencional” (com os rótulos dos pratos sendo alternados entre os participantes). Os resultados dos experimentos 1 a 3 consistentemente mostraram que apenas os consumidores onívoros com níveis mais altos (e não mais baixos) de neofobia da tecnologia alimentar avaliaram os pratos de carne limpa de forma mais desfavorável em comparação com os pratos de carne convencional. O experimento 2 também incluiu pratos rotulados como carne à base de plantas, revelando que vegetarianos e veganos avaliaram os pratos de carne limpa de maneira consideravelmente mais negativa do que os pratos à base de plantas, e esse efeito foi amplificado entre aqueles com maior neofobia da tecnologia alimentar. Por fim, o experimento 3 demonstrou que as preocupações com a segurança, mas não as preocupações com a naturalidade, parcialmente explicaram por que indivíduos com maior neofobia da tecnologia alimentar avaliaram os pratos de carne limpa de forma menos favorável. Em suma, os resultados destacam a importância das preocupações gerais sobre a adoção de novas tecnologias alimentares como uma barreira psicológica para a aceitação da carne limpa.

Heidmeier, e Teuber (2023) avaliou a aceitação da carne *in vitro*, e concluíram que os participantes que seguem uma dieta vegana ou vegetariana apresentam uma menor probabilidade de aceitação da carne *in vitro*, em comparação com os participantes que seguem uma dieta onívora. No entanto, uma percentagem considerável de participantes veganos e vegetarianos expressou uma atitude positiva. Além disso, um aumento na neofobia tecnológica alimentar acompanha uma probabilidade reduzida de aceitação o maior efeito na aceitação pode ser encontrado no tratamento dos benefícios ambientais.

Siddiqui et al. (2023) relatam as novas tendências alimentares e os avanços no processamento de alimentos que são estratégias para evitar a neofobia e aumentar a aceitação do consumidor às novas tendências alimentares. Dentre elas estão a experimentação de alimentos, que é considerado um dos métodos mais eficazes para mitigar a aversão a novos alimentos e tendências alimentares emergentes. Outros fatores reconhecidos para diminuir a resistência a novos alimentos incluem educação, renda, palatabilidade e exposição a variedades alimentares inéditas. Diversos pré-requisitos devem ser atendidos para que novos alimentos sejam adotados pelos consumidores, incluindo a natureza da inovação alimentar, a reputação do fabricante e as condições do mercado. Produtos alimentícios processados com tecnologias avançadas podem variar de acordo com a marca do fabricante e o nível de conhecimento dos consumidores sobre esses novos alimentos. Além disso, a tecnologia alimentar é percebida como mais aceitável pelos consumidores quando aplicada a produtos à base de plantas ou ingredientes naturais, além de promover a sustentabilidade dos sistemas alimentares, além de enfatizar os benefícios para a saúde. Um aspecto adicional é a implementação de sistemas transparentes de rastreamento, que fornecem informações precisas e abrangentes sobre esses novos alimentos. (SIDDIQUI et al., 2023)

Por fim, destaca-se a relação desse tema com a segurança alimentar. Ainda não se sabe ao certo, por qual custo a carne de laboratório chegará ao consumidor final, e este é um ponto crucial para a segurança alimentar, pois definirá o acesso ao produto. Garrison et al (2022) determinou quanto custaria produzir carne cultivada em células numa instalação de produção em grande escala (60 milhões de dólares) que produz 540.000 kg de produto anualmente, assumindo que a tecnologia será desenvolvida para reduzir o custo do meio, incluindo substitutos do hormônio do crescimento e compra de ingredientes a granel. Estima-se que 1 kg de carne cultivada em células custe 63 dólares/kg para ser produzido numa instalação em grande escala. Os três principais custos de produção são o meio de cultura celular, os biorreatores e a mão de obra. Esses custos representam mais de 80% do custo total de produção (Garrison et al (2022). Considerando-se esses dados, estima-se que, pelo menos em sua fase inicial, a carne de

laboratório não estará financeiramente acessível à maioria dos consumidores, agregando mais um importante elemento no debate sobre o tema.

4. Considerações finais

Com base na pesquisa realizada, constatou-se que o Brasil ainda não possui legislação específica para a carne cultivada, mas o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) está articulando um programa sobre o tema. Observou-se que em outros países existe legislação mais sedimentada, que pode servir de parâmetros de análise para o desenvolvimento da legislação brasileira.

Quanto aos argumentos favoráveis, foram identificados a redução de impactos ambientais associados à criação animal, especialmente a intensiva, bem-estar animal (questões humanitárias de abate) e segurança alimentar.

No que se refere aos argumentos contrários (implicações negativas) associados à carne *in vitro*, pode-se citar questões sociais, especialmente em relação à mão de obra não qualificada que perderá oportunidades no mercado de trabalho; aspectos ambientais, como os resíduos e os gastos energéticos na produção, que ocorrerão em grande escala, alto custo inicial, o impacto sobre hábitos culturais, o comportamento ainda incerto do consumidor (que gera dúvidas sobre o mercado potencial) e o alto custo do produto, que está relacionado com o debate sobre segurança alimentar.

Destaca-se que as questões ambientais são citadas tanto como aspectos favoráveis, quanto como implicações negativas.

Por fim, cabe lembrar que a produção de carne de laboratório ainda é recente e gera muitas dúvidas, envolvendo uma complexidade de temas ainda maior do que os abordados nessa pesquisa, especialmente se houver ampliação de escala na produção de carne *in vitro*. O presente estudo teve como limitações os critérios de busca utilizados, ou seja, pesquisas realizadas com outros parâmetros ou em outras bases de dados devem aportar novos elementos ao tema. Assim sendo, consideram-se necessários mais estudos para acompanhar e estimar os possíveis impactos (positivos e/ou negativos) dessa nova tecnologia, que tem potencial para modificar a oferta e o consumo de carne, embora ainda esteja em estágio inicial de desenvolvimento.

Referências

ALIMENTARIUS C. **Código de práticas higiênicas para carne**. vol. 58. CAC/RCP; 2005.

ALIMENTARIUS C. **Princípios gerais de higiene alimentar**. CXC 1-1969. CXC 1. 2020.

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **Agricultura mundial rumo a 2030/2050: a revisão de 2012**. Roma: FAO, 2012.

BHAT, Z. F.; KUMAR, S.; FAYAZ, H. In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 2, p. 241–248, 2015. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60887-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60887-X).

CANADÁ. Guidelines For The Safety Assessment Of Novel Foods. **Governo do Canadá**. jul. 2022. Disponível em: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/legislation-guidelines/guidance-documents/guidelines-safety-assessment-novel-foods-derived-plants-microorganisms/guidelines-safety-assessment-novel-foods-2006.html>.

Acesso em: 03 de maio de 2023.

BOMKAMP, C.; SKAALURE, S. C.; FERNANDO, G. F.; BEN-ARYE, T.; SWARTZ, E. W.; SPECHT, E. A. Scaffolding Biomaterials for 3D Cultivated Meat: Prospects and Challenges. *Adv Sci (Weinh)*, v. 9, n. 3, p. e2102908, jan. 2022.

BURKE, Janice M.; ROSS, Russell. Synthesis of Connective Tissue Macromolecules by Smooth Muscle. **International Review Of Connective Tissue Research**, [S.L.], p. 119-157, 1979.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 06 maio, 2023.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **Mercado de trabalho do agronegócio brasileiro: 4 trimestre de 2020**. Piracicaba. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/4tri2020_MT_Cepea.pdf>. Acesso em: 06 maio, 2023.

WANG CHING, Xin Li.; ZAINAL, Nur Anis Athira Binti.; LUANG-IN Vijitra.; MA, Nyuk Ling. Lab-based meat the future food. **Environmental Advances**, v. 10, 2022.

CHODKOWSKA, K.A.; WÓDZ, K.; WOJCIECHOWSKI, J.; WOJCIECHOWSKI, Jakub. Sustainable Future Protein Foods: the challenges and the future of cultivated meat. **Foods**, v. 11, n. 24, p. 4008, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/foods11244008>.

CHEMNITZ, Christine. O surgimento de um mercado da carne global. In: SANTOS, Maureen (Org.). Atlas da carne: fatos e números sobre os animais que comemos. Rio de Janeiro: **Heinrich Böll Foundation**, 2015. p. 68.

CODEX ALIMENTARIUS. Code of Practice on Food Allergen Management for Food Business Operators (CXC 80-2020). 2020.

CEPEA-CNA, 2021. **PIB do agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020**. Piracicaba.

CEPEA, 2021b. **Mercado de trabalho do agronegócio brasileiro: 4 trimestre de 2020**. Piracicaba.

Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas. (S.D.). **População mundial projetada para atingir 9,8 bilhões em 2050 e 11,2 bilhões em 2100**. Disponível em: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2017.html>. Acesso em 29 de fevereiro de 2024.

ESPINOSA, R.; TAGO, D.; TREICH, N. Infectious diseases and meat production. *Environmental Resource Economics*. **National Library Of Medicine**, v. 76, n. 4, 2020. DOI: 10.1007/s10640-020-00484-3.

European Commission. Regulation (EC) No. 1829/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on **Genetically Modified Food and Feed**. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2003.268.01.0001.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2003%3A268%3ATOC. Acesso em: 06 maio. 2023.

European Commission. Regulation (EC) No 1830/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 **Concerning the Traceability and Labelling of Genetically Modified Organisms and the Traceability of Food and Feed Products Produced from Genetically Modified Organisms**. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2003.268.01.0024.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2003%3A268%3ATOC. Acesso em: 06 maio. 2023.

FAO. Organização Das Nações Unidas Para Alimentação e Agricultura. **Principais fatos e descobertas**. Disponível em: <https://www.fao.org/news/story/en/item/197623/icode/>. Acesso em: 05 maio. 2023.

FEDDERN, V.; BERNASCONI, N. J.; BOVOLATO, A. L. de C.; OLIVEIRA, K. P. V. De.; TAVERNARI, F. de C.; GRESSLER, V.; BASTOS, A. P. A. **Uma visão sistêmica sobre terminologias, aspectos legais, nutricionais, considerações sobre consumidor e mercado potencial, métodos e meios de cultivo**. In: JORNADA DE CARNE CULTIVADA, 1., 2022, Concórdia. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Concórdia Sc, p. 1-35, 01 dez. 2022. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1149970/1/final10055.pdf>. Acesso em: 05 maio. 2023.

FLYCATCHER. **Kweekvlees**, 2013. Cited February 6, 2014. Disponível em: http://www.flycatcherpanel.nl/news/item/nwsA1697/media/images/Resultaten_onderzoek_kweekvlees.pdf. Acesso em: 02 ago. 2023.

GARRISON, Greg L.; BIERMACHER, Jon T.; BRORSEN, B. Wade. How much will large-scale production of cell-cultured meat cost? **Journal of Agriculture and Food Research**, [S.l.], v. 10, p. 100358, dez. 2022. Elsevier BV. DOI: 10.1016/j.jafr.2022.100358.

GEORGE, A.S. The development of lab-grown meat which will lead to the next farming revolution. **Proteus jornal**, v.11, 2020. DOI: 10.5281/zenodo.6548045.

GEORGE, A. S. The development of lab-grown meat which will lead to the next farming revolution. **Proteus** (Shippensburg, Pa.), v. 11, p. 1-25, 2020. doi: 10.5281/zenodo.6548045.

GFI APAC. Good Food Institute Apac. **Japan regulatory updates on shaping the cultivated meat market**. Disponível em: <https://gfi-apac.org/japan-regulatory-updates-on-shaping-the-cultivated-meat-market>. Acesso em: 8 maio. 2023.

GÓMEZ-LUCIANO, C.A.; AGUIAR, L.K.; VRIESEKOOOP, F.; URBANO, B. Consumers' willingness to purchase three alternatives to meat proteins in the United Kingdom, Spain, Brazil and the Dominican Republic. **Food Quality and Preference**, v 78, 2019. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103732>.

GONZÁLEZ, N.; MARQUES, M.; NADAL, M.; DOMINGO, J.L. Meat consumption: which are the current global risks? A review of recent (2010-2020) evidences. **Food Research International**, v 137, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109341>.

GREEN, A.; BLATTMANN, C.; CHEN, C.; MATHYS, A. The role of alternative proteins and future foods in sustainable and contextually-adapted flexitarian diets. **Trends in Food Science & Technology**, v. 124, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.026>.

HADI, J.; BRIGHTWELL, G. Safety of Alternative Proteins: technological, environmental and regulatory aspects of cultured meat, plant-based meat, insect protein and single-cell protein. **Foods**, v. 10, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10061226>.

HANDRAL, H.; HUA, S.; WAN, W.; CHOUDHURY, D. Impressão 3D de produtos de carne cultivada. *Revisões Críticas em Ciência de Alimentos e Nutrição*, v. 62, n. 1, p. 272-281, 2020.

HARTMANN, C.; FURTWÄENGLER, P.; SIEGRIST, M. Consumers' evaluation of the environmental friendliness, healthiness and naturalness of meat, meat substitutes, and other protein-rich foods. **Food Quality and Preference**, v. 97, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104486>.

HEIDMEIER, A. K., & TEUBER, R. (2023). Aceitação da carne in vitro e o papel da neofobia da tecnologia alimentar, padrões alimentares e informação - Evidência empírica para a Alemanha. *British Food Journal*, 125(7). <https://doi.org/10.1108/BFJ-03-2022-0244>

JAPAN Regulatory Updates on Shaping the Cultivated Meat Market. 2022. Available online: <https://gfi-apac.org/japan-regulatory-updates-on-shaping-the-cultivated-meat-market/>. Acesso em: 8 de maio de 2023.

JHA, A. Synthetic meat: How the world's costliest burger made it on to the plate. [2013]. Disponível em: <http://www.theguardian.com/science/2013/aug/05/synthetic-meatburger-stem-cells>. Acesso em: 08 jan. 2014.

KEDING, G.B., SCHNEIDER, K., JORDAN, I. (2013). Production and processing of foods as core aspects of nutrition-sensitive agriculture and sustainable diets. *Food Security*, 5, 825–846. DOI: 10.1007/s12571-013-0312-6.

KITTLER, P., SUCHER, K., NELMS, M. (2011). *Food and Culture*. Boston: Cengage Learning.

KRINGS, Victoria C.; DHONT, Kristof; HODSON, Gordon. Food technology neophobia as a psychological barrier to clean meat acceptance. *Food Quality And Preference*, [S.L.], v. 96, p. 104409, mar. 2022. Elsevier BV.

KÖSTER, E. P.; MOJET, J. From mood to food and from food to mood: A psychological perspective on the measurement of food-related emotions in consumer research. **Food Research International**, v. 76, n. 2, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.006>.

KUMAR, P., MEHTA, N., ABUBAKAR, A. A., VERMA, A. K., KAKA, U., SHARMA, N., SAZILI, A. Q., PATEIRO, M., KUMAR, M., & LORENZO, J. M. (2023). Potenciais

alternativas de proteínas animais para sustentabilidade no setor alimentar. *Alimentos Avaliações Internacional*, 39(8), 5703-5728. <https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2094403>

LOPES, G.R.M. **Atitudes do consumidor em relação à carne in vitro como alternativa à carne bovina: uma revisão sistematizada**. 2020. 15p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Nutrição) - Universidade de Brasília, Brasília.

MANCINI, M. C.; ANTONIOLI, F. Exploring consumers' attitude towards cultured meat in Italy. *Meat Science*, v. 150, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.014>.

MANCINI, M. C.; ANTONIOLI, F. The future of cultured meat between sustainability expectations and socio-economic challenges. *Future Foods*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91001-9.00024-4>. **PIOCHI**

MANZI, G. M. Influência de procedimentos pré-abate na qualidade da carne bovina. 2016. Disponível em: <link>. Acesso em: 08 maio 2023.

MATTICK, C. S.; LANDIS, A. E.; ALLENBY, B. R.; GENOVESE, N. J. Anticipatory Life Cycle Analysis of In Vitro Biomass Cultivation for Cultured Meat Production in the United States. *Environmental Science and Technology*, v. 49, n. 19, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01614>.

MEISELMAN, H. L. Commentary: Changes in eating and changes in affect during early Covid confinement. *Food Quality and Preference*, v. 100, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104598>

MONTEIRO, C.G. **Sustentabilidade do Sistema Alimentar e a Viabilidade da Carne de Laboratório no Futuro - Um Estudo Empírico**. 2019. 106p. Tese (Mestrado) - Universidade do Porto, Portugal.

MORAIS-DA-SILVA, R.L.; REIS, G.G.; SANCTORUM, H.; MOLENTO, C.F.M. The social impacts of a transition from conventional to cultivated and plant-based meats: evidence from brazil. *Food Policy*, v. 111, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodpol.2022.102337>.

MUSTAPA, Muhammad Adzran Che; KALLAS, Zein. Towards more sustainable animal-feed alternatives: a survey on Spanish consumers' willingness to consume animal products fed with insects. *Sustainable Production And Consumption*, [S.L.], v. 41, p. 9-20, out. 2023. Elsevier BV. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spc.2023.07.027>.

NAGEL-ALNE, G. E.; MURPHY, E.; McCAUSLIN, B.; HAUGE, B.; SCHRODER-PETERSEN, D.L.; HOLTHE, J.; ALVSEIKE, O. Meat safety legislation and its opportunities and hurdles for innovative approaches: a review. *Food Control*, v. 141, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109160>.

NEWTON, Peter; BLAUSTEIN-REJTO, Daniel. Social and Economic Opportunities and Challenges of Plant-Based and Cultured Meat for Rural Producers in the US. *Frontiers In Sustainable Food Systems*, [S.L.], v. 5, p. 1-11, 28 jan. 2021. Frontiers Media SA. <http://dx.doi.org/10.3389/fsufs.2021.624270>.

OLIVEIRA, G. A de. **Atributos que Determinam as Preferências dos Consumidores em Relação à Carne Bovina de Laboratório**. 2020. 61p Tese (Mestrado) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados MS.

ONWEZEN, M. C.; VERAÏN, M. C.D; DAGEVOS, H. Positive emotions explain increased intention to consume five types of alternative proteins. **Food Quality and Preference**, v. 96, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104446>

Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. *Perspectivas Agrícolas da OCDE-FAO 2020–2029*. Publicação da OCDE, Paris; Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, Roma, Itália, 2020.

PEREIRA, Marina Luiza Marques. **CARNE IN VITRO: ASPECTOS TÉCNICOS, MERCADOLÓGICOS E PERSPECTIVAS**. 2023. 20 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Medicina Veterinária, Unesp, Botucatu, 2023.

PILAŘOVÁ, Lucie; STANISLAVSKÁ, Lucie Kvasničková; PILAŘ, Ladislav; BALCAROVÁ, Tereza; PITROVÁ, Jana. Cultured Meat on the Social Network Twitter: clean, future and sustainable meats. **Foods**, [S.L.], v. 11, n. 17, p. 2695, 3 set. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/foods11172695>.

PIOCCHI, M.; MICHELONI, M.; TORRI, L. Effect of informative claims on the attitude of Italian consumers towards cultured meat and relationship among variables used in an explicit approach. **Food Research International**, v. 151, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110881>.

POST, M.J. An alternative animal protein source: cultured beef. **Annals of the New York Academy of Sciences**, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/nyas.12569>.

SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M.A.C de.; SILVA, A.P.M da.; LUEDEMANN, G. Sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios. **Instituto de Pesquisa Economica Aplicada**, Brasília, 2012.

SRUTEE, Rout; SOWMYA, R. s; ANNAPURE, Uday S.. Clean meat: techniques for meat production and its upcoming challenges. **Animal Biotechnology**, [S.L.], v. 33, n. 7, p. 1721-1729, 4 maio 2021. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10495398.2021.1911810>

SCHESINGER, Sérgio. *Amazônia, cerrado e pantanal em risco*. SANTOS, Maureen (Org.). Atlas da carne: fatos e números sobre os animais que comemos. Rio de Janeiro: Heinrich Böll Foundation, 2015.

SCHÖSLER, H.; BOER, J. DE; BOERSEMA, J. J. Can we cut out the meat of the dish? Constructing consumer-oriented pathways towards meat substitution. **Appetite**, v. 58, e1, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.09.009>.

SIDDIQUI, S. A., ZANNOU, O., KARIM, I., KASMIATI, AWAD, N. M. H., GOŁASZEWSKI, J., HEINZ, V., & SMETANA, S. (2022). Evitando a Neofobia Alimentar e Aumentando a Aceitação do Consumidor às Novas Tendências Alimentares - Uma Década de Pesquisa. *Sustentabilidade*, 14, 10391. DOI: 10.3390/su141610391.

SMETANA, S.; MATHYS, A.; KNOCH A.; HEINZ, V. Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 20, n. 9, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0931-6>.

STEENSON, S.; BUTTRISS, J. L. Os desafios de definir uma alimentação saudável e 'sustentável'. *Nutrição em Pauta*, v. 45, p. [página inicial]-[página final], 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/nbu.12439>.

STEPHENS, N.; SILVIO, L.D.; DUNSFORD, I.; ELLIS, M.; GLENCROSS, A.; SEXTON, A. Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. **Trends in Food Science and Technology**, v. 78, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.04.010>.

US FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. **Federal Food, Drug, and Cosmetic Act (FD&C)**. Disponível em: <<https://www.fda.gov/regulatory-information/laws-enforced-fda/federal-food-drug-and-cosmetic-act-fdc-act>>. Acesso em: 18 maio, 2023.

UNIÃO EUROPEIA. Regulamento (EC) nº 2015/2283 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de novembro de 2015, relativo aos novos alimentos, que revoga o Regulamento (CE) nº 258/97 do Parlamento Europeu e do Conselho e o Regulamento (CE) nº 1852/2001 da Comissão. **Jornal Oficial da União Europeia, Luxemburgo**, v. 58, p. 1-22, 2015.

XU, X.; SHARMA, P.; SHU, X.; LIN, T.; CIAIS, P.; TUBIELLO, P.; SMITH, P.; CAMPBELL, N.; JAIN, A. Global greenhouse gas emissions from animal-based foods are twice those of plant-based foods. **Nature Food**, v. 2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00358-x>.

WANG, Y. C.; HAN, M.F.; JIA, T.P.; HU, X.R.; ZHU, H.Q.; TONG, Z.; LIN, Y.T.; WANG, C.; LIU, D.Z.; PENG, Y.Z.; WANG, G.; MENG, J.; ZHAI, Z.X.; ZHANG, Y.; DENG, J.G.; HIS, H.C. Emissions, measurement, and control of odor in livestock farms: a review. **Science of The Total Environment**, v. 776, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145735>

WFP. (2012). Nutrition at the World Food Programme: Programming for Nutrition-Specific Interventions.

WILKS, M.; PHILLIPS, C.J.C. Attitudes to in vitro meat: A survey of potential consumers in the United States. **Plos One**, e0171904, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171904>