



FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA DE MOSSORÓ  
CAMPUS MOSSORÓ – RIO GRANDE DO NORTE  
CURSO DE BACHARELADO EM BIOMEDICINA

CARLOS ANDRÉ DANTAS DE OLIVEIRA

**A CARNE CULTIVADA E SEU IMPACTO NO MEIO AMBIENTE: UMA REVISÃO  
INTEGRATIVA**

MOSSORÓ/RN

2021

CARLOS ANDRÉ DANTAS DE OLIVEIRA

**A CARNE CULTIVADA E SEU IMPACTO NO MEIO AMBIENTE: UMA REVISÃO  
INTEGRATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade Nova Esperança de Mossoró – FACENE/RN- como requisito obrigatório para a obtenção do título de bacharel em Biomedicina

ORIENTADOR (A): Profª. Ma. Lidiane Pinto de Mendonça

MOSSORÓ/RN

2021

Faculdade Nova Esperança de Mossoró/RN – FACENE/RN.  
Catalogação da Publicação na Fonte. FACENE/RN – Biblioteca Sant'Ana.

O48c Oliveira, Carlos André Dantas de.  
A carne cultivada e seu impacto no meio ambiente: uma  
revisão integrativa / Carlos André Dantas de Oliveira. –  
Mossoró, 2021.  
31 f. : il.

Orientadora: Profa. Ma. Lidiane Pinto de Mendonça.  
Monografia (Graduação em Biomedicina) – Faculdade  
Nova Esperança de Mossoró.

1. Proteína animal. 2. Produtos alternativos. 3.  
Preservação ambiental. I. Mendonça, Lidiane Pinto de. II.  
Título.

CDU 664.91:574

CARLOS ANDRÉ DANTAS DE OLIVEIRA

**A CARNE CULTIVADA E SEU IMPACTO NO MEIO AMBIENTE: UMA REVISÃO  
INTEGRATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade Nova Esperança de Mossoró – FACENE/RN- como requisito obrigatório para a obtenção do título de bacharel em Biomedicina

ORIENTADOR (A): Profª. Ma. Lidiane Pinto de Mendonça

Aprovado em: 02/06/2021

**BANCA EXAMINADORA**

Profª. Me. Lidiane Pinto de Mendonça (FACENE)  
Presidente e Orientadora

Profª. Sibeles Lima Da Costa Dantas

Profª. Heloísa Alencar Duarte (FACENE)

## RESUMO

Com a crescente demanda por proteína animal e grande parte dos recursos naturais destinado ao setor pecuário, nasce a carne cultivada, fruto da tecnologia de engenharia de tecidos e dotada de grande apelo animal, ela surgiu com o propósito de manter a demanda por carne, ao mesmo tempo em que propõe consumir menos recursos naturais, contribuindo de forma direta na preservação ambiental. Este trabalho tem por objetivo realizar uma revisão de artigos e publicações sobre a carne cultivada e seu impacto no meio ambiente, buscando explicar, de forma simplificada, seus principais benefícios ao consumidor. A metodologia utilizada foi uma revisão bibliográfica integrativa, apresentando os principais pontos relevantes ao tema, fazendo uso de plataformas disponíveis na internet como: PubMed, Google Acadêmico e Science Direct. O tema abordado vem ganhando destaque em relação a importância da preservação ambiental, uma vez que a carne cultivada em laboratório tem como objetivo primário suprir a demanda crescente por proteína animal, ao mesmo tempo em que busca diminuir os impactos ambientais. 10 artigos foram selecionados para compor a pesquisa, no qual, os resultados foram estruturados e apresentados de forma descritiva, verificando que a produção da carne cultivada pode trazer benefícios como diminuição de emissões dos gases do efeito estufa, principalmente o metano CH<sub>4</sub>, menor uso energético na produção da maioria dos tecidos cárneos (exceto aves), menor uso de recursos naturais como água e terra, e menor consumo de antibióticos e pesticidas, sendo possível também controlar seus componentes como níveis de gordura e hormônios. Portanto, a sua produção poderá suprir a demanda crescente por proteína animal, utilizando menos recursos e espaço, e possibilitando um maior cuidado com o meio ambiente através da preservação da natureza.

**Palavras-chave:** Proteína animal. Produtos alternativos. Preservação ambiental.

## **LISTA DE IMAGENS**

|                 |    |
|-----------------|----|
| Imagem 1: ..... | 12 |
| Imagem 2: ..... | 16 |

## **LISTA DE GRÁFICOS**

|                  |    |
|------------------|----|
| Gráfico 1: ..... | 20 |
|------------------|----|

## **LISTA DE SIGLAS**

|  |    |
|--|----|
| ONU- (Organização das nações unidas) .....                                 | 09 |
| ABIEC- (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes) ..... | 10 |
| NASA- (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço) .....               | 11 |
| ESC- (Células-tronco embrionárias) .....                                   | 11 |
| IPSC- (Células-tronco pluripotentes induzidas) .....                       | 11 |
| MSC- (Células-tronco mesenquimais) .....                                   | 11 |
| SC- (Células satélites) .....  | 11 |
| CPAM- (Células progenitoras adultas multipotentes) .....                   | 12 |



## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                       | <b>08</b> |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>                               | <b>09</b> |
| 2.1 PRODUÇÃO DE CARNE CONVENCIONAL E SEUS IMPACTOS.....         | 09        |
| 2.2 CARNE CULTIVADA.....  | 11        |
| 2.2.1 Meios de Cultivo e Métodos de Produção.....               | 13        |
| 2.3 BENEFÍCIOS DA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DA CARNE CULTIVADA..... | 15        |
| 2.4 DESAFIOS PARA A PRODUÇÃO DA CARNE CULTIVADA.....            | 16        |
| <b>3 METODOLOGIA.....</b>                                       | <b>18</b> |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                           | <b>18</b> |
| <b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                             | <b>25</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>25</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O termo “carne cultivada” não é recente, desde o início do século 20 essa ideia vem sendo abordada por alguns visionários. Churchill, em seu livro “*Pensamentos e aventuras*” já fazia menção ao que seria a ideia da carne cultivada: ‘Daqui a cinquenta anos, devemos fugir do absurdo de criar uma galinha inteira para comer o peito ou a asa’ (CHURCHILL apud BAILONE, et al., 2019). Anos depois, Willem Van Eelen, durante uma palestra científica sobre como preservar a carne, no final de 1940, começou a imaginar a ideia da carne cultivada, e por mais de meio século, Van Eelen pesquisou e promoveu incansavelmente a produção de carne *in vitro*. (BHAT et al., 2017). Quase um século depois essa ideia parece estar ganhando não apenas vida, como também muitos adeptos.

A carne cultivada é a produção de carne fora dos animais, (geralmente em laboratório). Seu cultivo acontece em placas de petri ou biorreatores, produzidas através do cultivo de células como auxílio de técnicas avançadas de engenharia de tecidos (BHAT et al., 2015).

A primeira demonstração desse produto veio a público em 2013 por meio da empresa holandesa Mosa Meat. Criado por Mark Post, o primeiro hambúrguer de carne cultivada teve um custo de aproximadamente 250 mil euros (SIVARUBAN et al., 2019). Este foi o passo inicial para atrair investidores e atualmente o preço final caiu drasticamente para 10 euros, tornando a carne cultivada mais atraente ao mercado. Atualmente existe muita pesquisa não só no intuito de diminuir o valor do produto, mas também na área de marketing, aceitação do público e busca por mercado, com a finalidade de buscar segurança para que as empresas possam dar início a produção e distribuição em larga escala (CHRIKI et al., 2020).

O processo de cultivo *in vitro*, se dá através da retirada de células de um animal vivo por meio de uma biopsia, esse processo não causa nenhum tipo de sofrimento ao animal doador. Uma vez coletada, a amostra é transferida para um meio nutritivo em um biorreator, onde terá todos os fatores de crescimento ao seu favor, como temperatura controlada, meio nutritivo e ambiente adequado, onde por volta de poucas semanas será obtida um volume considerável de carne cultivada (BHAT et al., 2017).

Segundo Toumisto e Mattos (2011), aproximadamente 30% da superfície terrestre é usada para criação bovina, sendo que 36% de solo fértil é destinado ao cultivo de alimentos, que posteriormente se tornará ração para o gado, sendo 26% utilizado para pastagem do animal. O setor pecuário também é responsável por aproximadamente 18% das emissões antrópicas de gases do efeito estufa, dentre esses gases destaca-se o metano, gás extremamente prejudicial ao

meio ambiente, onde ao todo, estima-se que a pecuária seja responsável por 37% de sua emissão (TOUMISTO; MATTOS, 2011).

Existe uma estimativa de que a produção de carne anual aumentará de 228 milhões de toneladas em 2000, para 465 milhões de toneladas até 2050 (STEINFEL apud BHAT et al., 2006). Diante desse cenário, faz-se necessário o uso de meios alternativos para a produção de alimentos como a carne, tornando cada vez mais real a ideia de Van Eelen décadas atrás. Para resolver esse problema, a engenharia de tecidos se faz cada vez mais presente, propondo projetos ambiciosos sobre produção de carne cultivada em laboratório (*in vitro*), como solução para grande parte dos problemas associados ao desmatamento, poluição atmosférica e eficiência no meio de produção.

Com o crescimento populacional, a humanidade enfrentará dois grandes desafios, o primeiro é produzir alimentos suficientes para atender a demanda global, e o segundo é reduzir cada vez mais os impactos causados ao meio ambiente. Estimativas apontam que, com o crescimento populacional, a demanda por produtos animais aumentará em até 70% até 2050. A fim de solucionar esse problema, a carne cultivada, baseada em engenharia de tecidos e cultura de células, vem ganhando destaque, sendo frequentemente anunciada como alternativa a carne convencional, principalmente devido aos seus potenciais benefícios como redução dos agravos ambientais e a produção de insumos nutritivos, de maneira rápida, ocupando menos espaço e apresentando preço acessível (TOUMISTO, 2018).

Baseado no exposto, objetivou-se verificar o impacto da carne cultivada no meio ambiente através de uma revisão integrativa.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 PRODUÇÃO DE CARNE CONVENCIONAL E SEUS IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE**

De acordo com a ONU (2012), a população mundial em 2024 deverá ultrapassar os 8 bilhões de pessoas, projeções para 2050 sugerem um número superior a 9,5 bilhões, representando um crescimento de 13,16% de 2012 a 2024 e 34,90% entre 2012 e 2050. Esse crescimento populacional deverá ocorrer principalmente em países em desenvolvimento. Com o aumento populacional, a concentração nas cidades e o aumento de renda, conseqüentemente aumentará a demanda por recursos naturais básicos como os alimentos (SAATH; FACHINELLO, 2018).

Na América Latina, o Brasil se destaca como importante produtor e exportador de alimentos. Em 2012 mais de 240 mil hectares de terra fértil foram utilizados para fins de produção alimentar pela agropecuária, 28% destinado a produção agrícola e 69% no setor da pecuária, sendo apenas 3% destinado ao reflorestamento. Embora em ritmo mais lento, devido ao maior controle e preocupações ambientais, a expansão do desmatamento para áreas agricultáveis continua crescendo (IBGE, 2015). O Brasil é atualmente um dos maiores exportadores de carne bovina no mundo, comercializando para mais de 151 países, tendo como EUA e China os principais destinos da carne brasileira (PEREIRA et al., 2019).

De acordo com a ABIEC (2018), o Brasil chegou a exportar 1,4 milhões de toneladas de carne bovina, gerando um faturamento de U\$ 5,5 bilhões (LIMA, 2018). A fim de manter a demanda crescente, é inevitável que o país procure por mais áreas a serem desmatadas para cultivo e criação no setor pecuário (BHAT apud CATHERINE, 2017). Ainda de acordo com dados do Greenpeace, do mês de agosto de 2019 a março de 2020 foram identificados 5.260km de território com alerta de desmatamento. Esse resultado é quase o dobro do registrado no mesmo período do ano passado. Grande parte dessas áreas serão destinadas a plantação de soja, pastagem e criação de gado. Projeções sugerem que entre 2010 e 2050 a demanda global por produtos de origem animal aumentará em até 70%, gerando preocupações sobre os impactos que esses números podem causar ao meio ambiente (TOUMISTO, 2018).

A degradação ambiental no Brasil tem como um de seus principais impulsionadores a exploração da agropecuária, resultando em compactação do solo, erosão, assoreamento de rios, perda de biodiversidade e contaminação da água subterrânea. Esses problemas estão associados não só a criação do animal em si, como também a manutenção da criação, a produção de ração e pastagem, o uso de fertilizantes, pesticidas e agrotóxicos que posteriormente adentram no solo contaminando-o e atingindo lençóis freáticos e rios próximos, além da emissão direta e indireta de poluentes atmosféricos antrópicos como metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Sendo o Brasil um país historicamente conhecido por suas exportações de matéria prima e produtos primários, mudanças nessa área se tornam muito complexas, pois adentram nos âmbitos políticos e econômicos. Apesar da grande importância na economia que os setores da pecuária e agricultura fornecem, é um fato que a prática dessa atividade traz sérios malefícios a longo prazo (WUST et al., 2015).

Apesar da carência de números globais disponíveis a respeito dos impactos da pecuária ao meio ambiente, estima-se que nos Estados Unidos, o gado seja responsável por 55% das erosões e sedimentações em terras férteis, 37% pela utilização de pesticidas e fertilizantes, e 50% pelo uso de antibióticos, sendo que aproximadamente 1/3 do volume de nitrogênio e

fósforo acabam por contaminar recursos como água doce, que também é afetada por causa da compactação do solo, diminuindo a infiltração (FERRARINI, 2010).

## 2.2 CARNE CULTIVADA

No início dos anos 2000, dois projetos deram o primeiro passo prático para a obtenção de tecido cultivável para fins alimentícios, um grupo universitário financiado pela NASA (BENJAMINSON et al., 1998) e outro grupo composto por uma equipe de bioartistas no Tissue Projeto Cultura e Arte (CATTS, ZURR, 2002). Ambos obtiveram sucesso produzindo pequenas quantidades de tecido. Em 2005 o governo holandês financiou o primeiro projeto de pesquisa na área, e desse trabalho veio o momento de maior destaque no campo por meio do professor Mark Post, que garantiu apoio financeiro do cofundador da *Google*, Sergey Brin, para produzir o primeiro hambúrguer de carne cultivada do mundo (O'RIORDAN et al., 2016).

Desde a idealização até sua prática, vários foram os métodos propostos para produção de carne cultivada, e com eles, diferentes tipos de células foram consideradas, entre elas estão células-tronco embrionárias (ESCs), células-tronco pluripotentes induzidas (iPSCs), células-tronco mesenquimais (MSCs) e células satélites (SCs), também chamadas de células-tronco de músculo bovino, que aparentam ser as mais adequadas para essa finalidade (BODIOU et al., 2020).

Atualmente três técnicas são comumente usadas para a cultura de células: cultura em agregados, cultura em biorreatores e cultura em micro transportadores. A tecnologia atual trabalha no processo de expansão das células-tronco para em seguida diferenciá-las em células musculares. Para esse processo, normalmente é utilizado pistas químicas/biológicas e estimulação mecânica nos meios de cultura de células (LANGELAAN et al.; 2011).

Atualmente ainda existe um debate sobre como deve ser definido o processo de cultivo celular e quais produtos se adequam a estas definições. De acordo com a comunidade associada a agricultura celular, seu processo pode ser dividido em dois tipos específicos de produção, onde um é baseado na engenharia de tecidos e o outro em fermentação (STEPHENS et al., 2018).

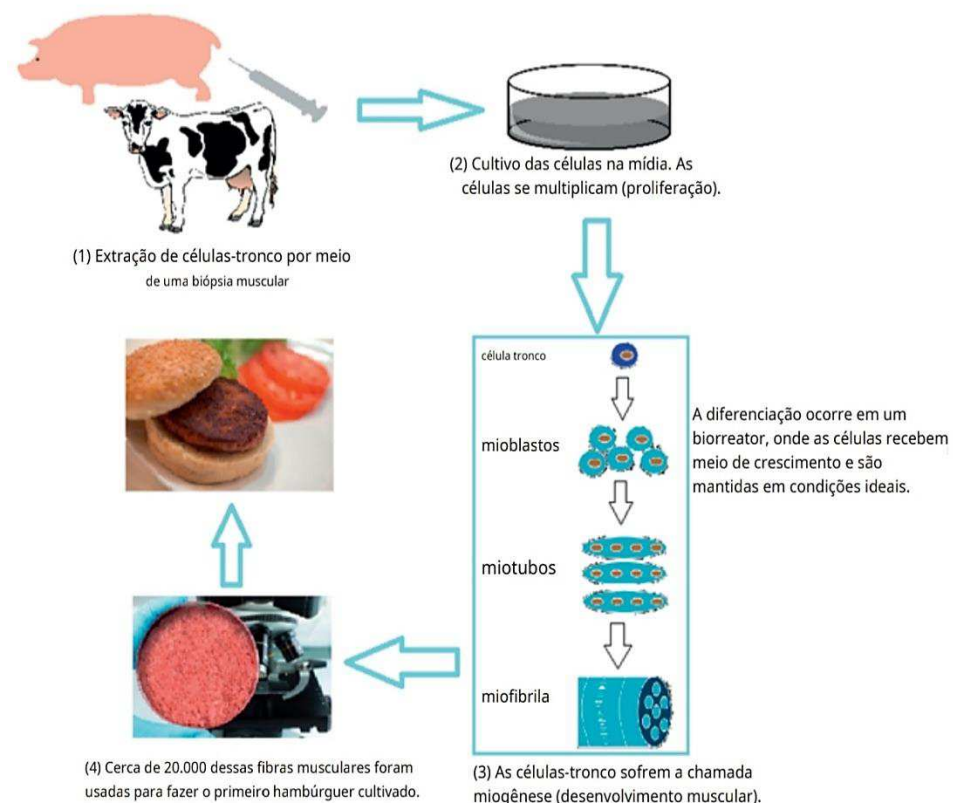
Alguns critérios são ideais para linhas de células com o propósito de produção de carne, como: imortalidade celular, alta capacidade proliferativa, independência de superfície, independência de soro e capacidade de formação de tecido (BRETAS 2011).

A tecnologia desenvolvida é constituída basicamente em cinco etapas. A primeira é realizada por meio da coleta de fragmento de tecido muscular, com o auxílio de uma agulha de

biópsia. Durante a segunda etapa, já realizada em laboratório, é feito o isolamento da amostra de tecido CPAMs, (células progenitoras adultas multipotentes) através de meios mecânicos ou enzimáticos. A terceira etapa é constituída pela expansão das CPAMs em meio de cultivo devidamente preparado com nutrientes essenciais como aminoácidos, minerais, glicose e vitaminas, onde durante essa etapa, também é possível a adição de outros compostos. A quarta etapa fica por conta da identificação e diferenciação das CPAMs em células e fibras musculoesqueléticas. A última etapa visa a montagem da carne propriamente dita, através do auxílio de arcabouços que irão proporcionar a organização das células, originando fibras musculares (SANTOS, 2019).

A figura 1 mostra o processo de coleta, proliferação e diferenciação celular da carne cultivada.

Figura 1: processo de coleta, proliferação e diferenciação celular



FONTE: WOLL; BOHM, 2017.

### 2.1.1 Meios de cultivo e métodos de produção

Os meios de cultivo tradicionais necessitam da presença de soro fetal bovino, que é obtido a partir do sangue de fetos bovinos. Por conter em sua constituição, macromoléculas, proteínas transportadoras, fatores de fixação e distribuição, além de hormônios e fatores de crescimento, acaba por se tornar a alternativa mais utilizada, porém, para manter essa fonte seria necessário um grande rebanho de gado em programas de reprodução específica a fim de suprir o consumo de soro. Em virtude disso, estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de prover a substituição do soro fetal bovino, onde vem se destacando o extrato de cogumelo Maitake, obtendo parâmetros de crescimento bastante similares ao do soro fetal (BHAT et al., 2015).

Tradicionalmente, as células cultivadas são colocadas em placas bidimensionais (2D), a fim de manter a viabilidade e proliferação, onde torna-se necessário a constante mudança das CPAMs entre meios de cultivo, sendo altamente ineficiente para a expansão em larga escala. Outro problema apresentado, é que esse modelo 2D pode alterar a morfologia, o citoesqueleto e a conformação nuclear das células. Em decorrência dos fatos, foi possível notar que os resultados de culturas a partir de modelos 2D, apresentaram falhas funcionais devido a impossibilidade de reproduzir com precisão o microambiente especializado necessário em comparação com a regulação *in vivo*. Em virtude desses problemas, tornou-se necessário a elaboração de um meio de cultivo 3D, com o objetivo de assimilar ao máximo um microambiente vivo (SANTOS 2019).

A cultura 3D foi desenvolvida para sanar os problemas apresentados na anterior, possibilitando a interação entre as CPAMs, os componentes da matriz extracelular, nutrientes, oxigênio e resíduos, de forma similar ao encontrado em tecidos e órgãos naturais. Neste meio, as células são ancoradas, onde são liberados continuamente, sinais que irão auxiliar na replicação e diferenciação das linhagens celulares específicas. Ao se utilizar esse modelo, torna-se possível a formação de agregados multicelulares, que permitem uma maior interação entre as células e a matriz extracelular durante a ausência de substratos adicionais. A utilização desses agregados se dá por uma ampla gama de tipos celulares aderentes, através de técnicas de agregação forçada ou espontânea, suspensão, placas de baixa adesão e cultura em rotação (SANTOS 2019).

Sua expansão em larga escala se torna um desafio devido à falta de controle sobre o tamanho dos aglomerados, levando a necrose/apoptose e inibição da proliferação celular. A fim de manter o controle sobre essa situação, foi desenvolvida uma metodologia na qual se faz uso de biomateriais, com o objetivo de auxiliar na auto-renovação, diferenciação e minimização da formação de agregados, controlando o acesso de oxigênio e nutrientes das células localizadas nos centros dos agregados. Outra aplicabilidade dos biomateriais é a possibilidade de incorporar

fatores de crescimento e ligantes que facilitam a ancoragem, fundamental para o processo de proliferação celular (SANTOS 2019).

Um dos equipamentos de produção são os biorreatores, também chamados de fermentadores, que são tanques fechados onde se controla as condições adequadas para o cultivo celular por meio de ajuste de temperatura, agitação, quantidade de oxigênio e pH (CHICO apud MIZUKAMI, 2011). Os biorreatores podem ser utilizados para diversos fins, como: fermentação industrial, produção de medicamentos, processamento de alimentos e tratamento de água (MARTIN et al., 2004).

Os biorreatores utilizados para o cultivo de células animais podem ser classificados em: elásticos, agitados, de ondas, frasco spinner e cultura em microtransportadores. Nos elásticos, as células são dispostas em suportes, onde são cultivadas em soluções contendo nutrientes necessários para o crescimento celular. Mesmo sendo bastante utilizado, esse tipo de biorreator apresenta problemas como matrizes heterogêneas com áreas necrosadas centrais, podendo ocorrer morte celular devido a insuficiência de oxigênio e nutrientes quando transferidos de forma heterogênea (CHIOT, 2015).

O biorreator de tanque agitado é o modelo mais amplamente utilizado, basicamente consiste em um cilindro, movido por agitação mecânica, geralmente com relações de diâmetro-altura específicos de 2:1 ou 3:1, usado para cultivo de células e enzimas, contudo, alguns cuidados devem ser tomados em seu manuseio, como preenchimento de apenas 70 a 80% de seu volume, a fim de evitar danos as partículas de biocatalisador, causados pela agitação mecânica e permitir o desprendimento de gases gerados no processo (DORAN apud SILVEIRA, 2006).

Apresentado no final da década de 90, o biorreator de ondas *wave*, trata-se de uma alternativa para cultivo de células vegetais e animais sendo viável para fins de células em crescimento, em suspensão e células dependentes de ancoramento. Sua plataforma de operação induz movimentos de ondas no fluido presente na Celbag (bolsa de plástico descartável onde as células são cultivadas). Sua maior vantagem é a possibilidade de ser operado em sistema fechado, diminuindo o risco de contaminação (SINGH, 2017).

O biorreator de frasco *spinner*, consiste basicamente em um recipiente de vidro ou plástico, com um agitador central e braços laterais para adição e remoção de meio e células, que promove ótimo crescimento de culturas em suspensão e em microcarreadores. Culturas em suspensão nesse meio são agitadas magneticamente e mantidas incubadas sob condições de temperatura e umidade controladas (AGUILAR, 2013).



A cultura em microtransportadores foi introduzida inicialmente por Van Wezel em 1967, constituído basicamente por esferas de 125 a 250 micrometros, o modelo de cultura através de microtransportadores, proporciona o crescimento de células dependentes de ancoragem. Usadas para diversas finalidades como produção de vacinas, produtos biológicos e farmacêuticos, oferece como principal vantagem uma área de superfície maior para o crescimento de células dependentes de ancoragem em cultura de suspensão (SUN et al., 2011).

### 2.3 BENEFÍCIOS DA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DA CARNE CULTIVADA

Existem diversos fatores que estão impulsionando a evolução da indústria da carne, geralmente são divididos em categorias como: aceitabilidade no mercado, bem-estar animal, saúde, segurança e impacto ambiental (BONNY et al., 2017). Produtos de carne convencionais possuem uma certa estabilidade por estarem disponíveis a séculos no mercado, e isso poderá dificultar a entrada de novos produtos alternativos como a carne cultivada, em contrapartida, para manter a demanda crescente de proteína animal, ao mesmo tempo em que se faz necessário a diminuição dos impactos ambientais, existe a tendência de que as exigências da legislação ambiental aumentem de maneira proporcional, praticamente obrigando a indústria da carne a se adequar as futuras exigências (FAPRI 2012).

Além de uma solução para problemas de demandas futuras, a entrada da carne cultivada no mercado industrial pode trazer benefícios como o fato de ser produzida em ambientes controlados, seguros e saudáveis, com altos padrões de higiene, evitando disseminação de zoonoses (ROJAS; ORTIZ, 2018). O sistema de produção de carne em cultura pode apresentar também uma maior eficiência, diminuindo os custos em energia em comparação com a carne tradicional, onde 75% a 95% da ração consumida pelo animal, é “perdida” devido ao metabolismo e direcionamento de nutrientes à formação de estruturas não comestíveis, como estrutura óssea e neurológica (MADRIGAL apud BHAT, 2019).

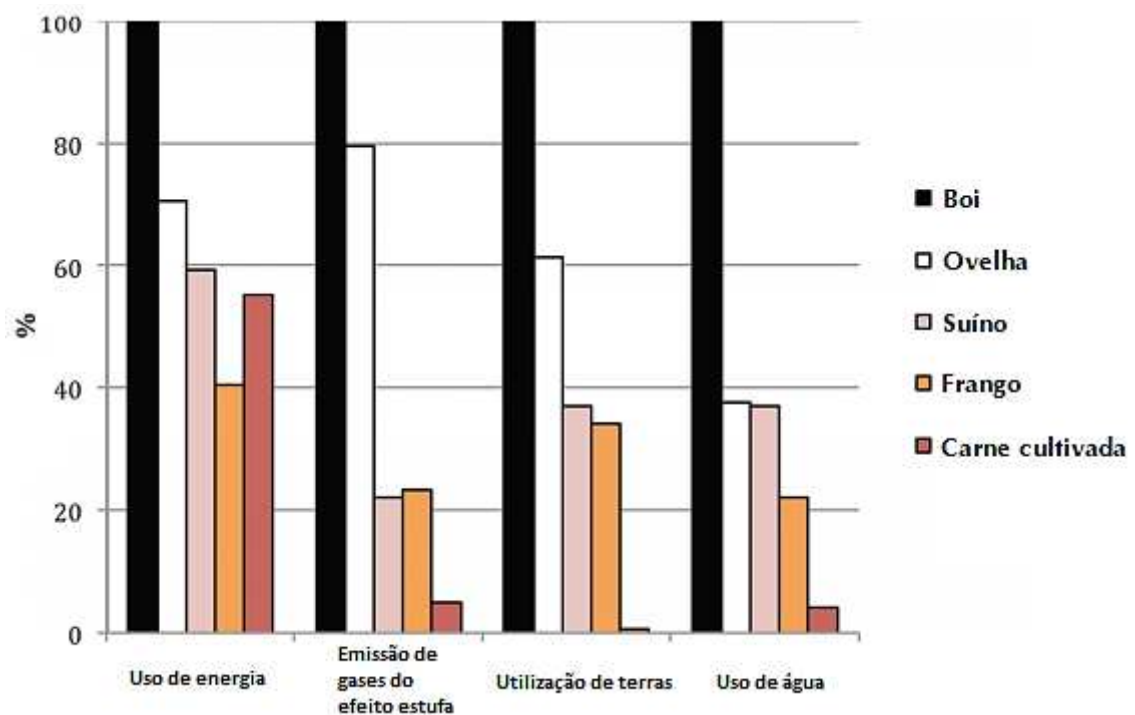
Em relação ao meio ambiente, calcula-se que aproximadamente 30% da superfície terrestre é atualmente destinada a pecuária. No Brasil, o setor pecuário é um dos principais responsáveis pelo desmatamento da Amazônia, tornando o país um epicentro de conflitos, de um lado a pressão em prol da preservação ambiental e do outro, a influência do setor econômico, em prol do suprimento de demandas cada vez maiores (BAILONE et al., 2019).

Os desafios enfrentados na produção de carne bovina por meios tradicionais são basicamente divididos em: impacto ambiental, resultante do crescimento do número de animais,

aumento da área destinada ao pastoreio e elevação de gases do efeito estufa, como dióxido de carbono, metano e óxido nítrico (SANTOS, 2019).

A carne cultivada vem sendo apontada como uma possibilidade para resolver esses problemas (TOUMISTO, 2018). A produção de carne *in vitro* tem o potencial de reduzir substancialmente o uso de terras, uma vez que suas instalações podem ser alocadas verticalmente em laboratórios, ocupando muito menos espaço do que o utilizado em grandes fazendas, outra questão citada é a possibilidade de alocação para centros urbanos, minimizando custos em transportes. Estima-se também que possa haver uma redução das emissões de gases do efeito estufa relativo a produtos à base de carne em até 90% e uma redução de 80% para outros recursos como terra e água (FOX, 2009). Alguns outros comparativos podem ser evidenciados na figura 2.

Figura 2: Comparação dos sistemas de produção de carne em relação à produção de carne bovina.



Fonte: TOUMISTO; MATTOS; TEIXEIRA, 2011.

## 2.4 DESAFIOS PARA PRODUÇÃO DE CARNE CULTIVADA

Reconhecendo que os problemas derivados da produção de carne devem aumentar juntamente com sua demanda, alternativas para sua resolução vem sendo cada vez mais

abordadas pela ciência. Apesar das já existentes “carnes veganas”, livres de qualquer proteína de origem animal, a maior parte da população não está disposta a abrir mão da proteína animal. Devido a isso, a carne cultivada (*in vitro*) ou carne sintética, vem ganhando cada vez mais espaço ao redor do mundo, isso se dá devido ao apelo do não sofrimento animal, juntamente com a possibilidade de preservação ambiental (FERNANDES, et al 2018).

Como toda tecnologia inovadora, a cultura de células para fins industriais possui alguns desafios que devem ser superados, dentre eles alguns se destacam como a espessura. Estima-se que aproximadamente 8 trilhões de células musculares são necessárias para se produzir um 1kg de proteína (STEPHENS et al., 2018). O problema se dá quando as células cultivadas atingem uma espessura de 200 micrometros, pois o oxigênio e os nutrientes não são mais capazes de penetrar nas camadas internas das células, sendo necessário a colheita de tiras de músculo para adição de compostos com a finalidade de dar sabor, textura e cor a carne. Além disso, a produção de alguns cortes específicos, como costelas e bifês, requer tecnologia adicional, na qual seria necessário a criação de vasos sanguíneos para irrigar as células em cultivo (FAUSTMAN et al., 2020).

Cientistas da área são enfáticos ao afirmarem que para a carne cultivada atingir o estágio de produção industrial, faz-se necessário superar alguns obstáculos como novas formulações de meio de cultura, desenvolvimento de incubadoras gigantes, avaliação de segurança para consumo humano, maior eficiência e menor gasto energético, menor custo de produção, maiores pesquisas sobre sua comercialização, entre outros. Devido a isso, apesar do progresso alcançado, não é certo afirmar que a carne artificial estará em breve no mercado (HOCQUETTE, 2016).

Dois perfis morais podem ser obtidos através dos debates públicos sobre a carne cultivada, um envolvendo o bem-estar animal e outro a sustentabilidade ambiental (WEELE; DRIESSEN, 2013). Uma pesquisa foi realizada em 2017 sobre a aceitação da carne artificial direcionada a população brasileira, e entre os 50 participantes, a maior aceitação se deu ao público feminino (64%). Outra enquete, tinha como objetivo analisar os riscos à saúde da carne artificial, onde a maioria (60%), acredita que não existe. Vale destacar que a maioria dos entrevistados foram universitários e pós-graduados, revelando a carência de estudos abrangentes sobre o tema no país. (SILVA et al., 2018).

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, a pecuária foi responsável por 8,7% do PIB nacional em 2019 (HEIDEMANN et al., 2020). Além do Brasil, outros países em desenvolvimento, cujo setor de produção primária está intrinsecamente ligado à economia, podem apresentar resistência à adoção da nova tecnologia. A aceitabilidade da

proteína artificial demanda não apenas o desenvolvimento de novas tecnologias, mas também de uma mudança radical na nossa compreensão da constituição dos alimentos. Por sua origem “não natural” é compreensível que atores sociais contestem a veracidade da segurança dos insumos produzidos em laboratório, cabendo aos líderes governamentais a iniciativa quanto a sua aceitação e compreensão perante a população (ALTOÉ; MENOTTI, 2020).

### **3 METODOLOGIA**

A pesquisa foi do tipo bibliográfica de caráter descritivo, que têm como finalidade principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis (GIL, 2008), e integrativo, que proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática (SOUZA et al 2010).

As amostras foram encontradas a partir de pesquisas nas bases de dados *PubMed*, *Science Direct* e pela plataforma de buscas, *Google Acadêmico* em busca de artigos científicos captados de uma triagem de publicações segundo as palavras chave: “carne in vitro” e “carne cultivada” e “impacto ambiental” e “Benefícios”, buscando responder a seguinte pergunta: quais os impactos ambientais da produção da carne cultivada?

No rastreamento das publicações foi utilizado o operador lógico “AND”, de modo a combinar os termos acima citados. As buscas foram realizadas durante março e abril de 2021.

Foram considerados os seguintes critérios de inclusão: estudos experimentais, pré-experimentais e quase experimentais que realizaram investigação científica; os artigos nas línguas portuguesa inglesa e espanhol, publicados a partir de 2010. Foram considerados como critérios de exclusão estudos anteriores a 2010, e aqueles que não incluíam a abordagem do tema proposto.

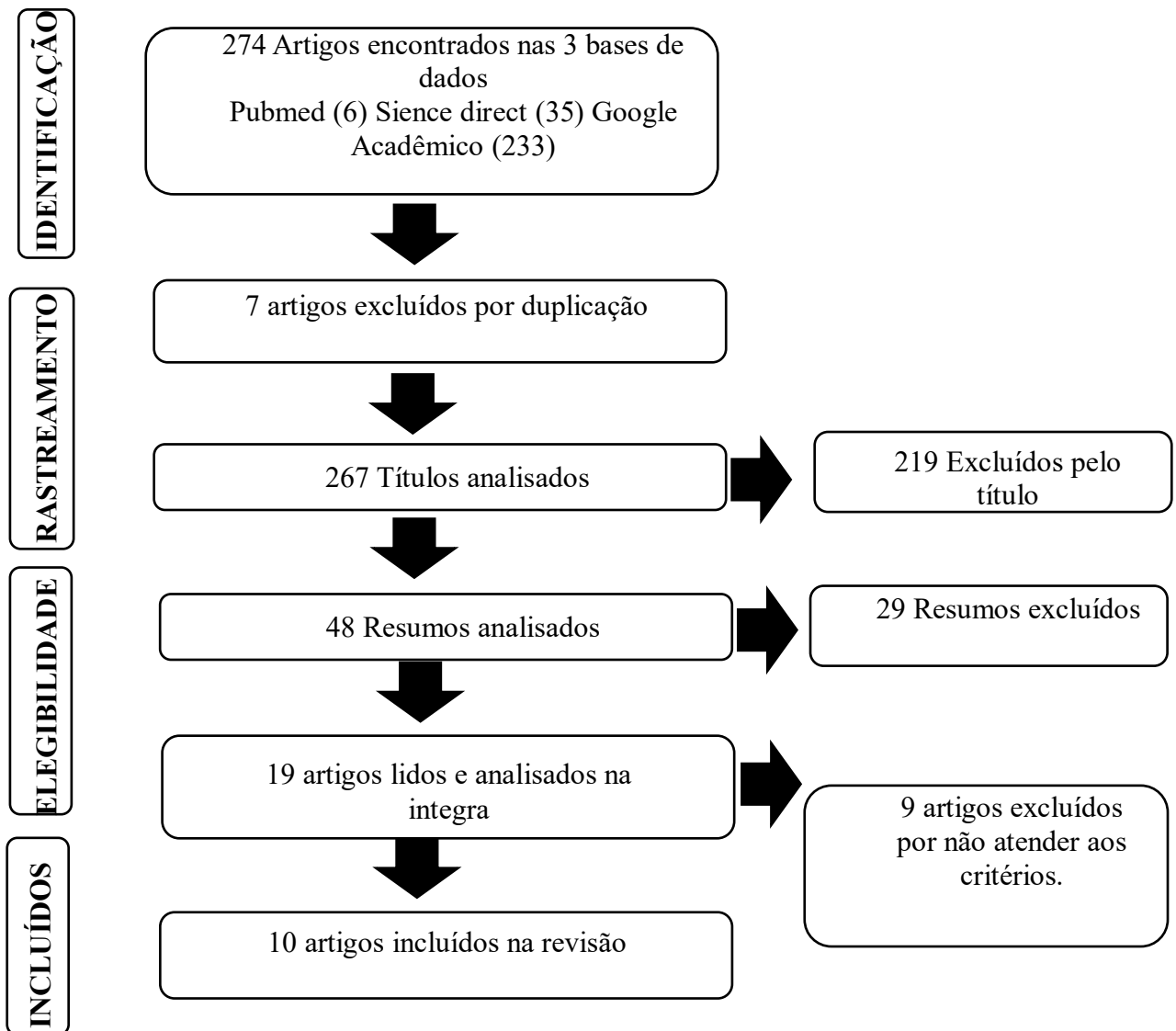
A seleção dos artigos se deu em três etapas: 1º Etapa: leitura dos títulos; 2º Etapa: leitura dos resumos; 3º Etapa: leitura na íntegra.

Os dados obtidos foram tabulados em planilha eletrônica para construção dos resultados demonstrados na tabela 1.

### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Dentre os 274 artigos inicialmente encontrados na primeira busca, um total de 7 artigos foram excluídos por duplicação, selecionando então 267 artigos para leitura do título. Após leitura do título (1ª etapa), 219 artigos foram excluídos, restando 48 artigos para leitura do resumo. Dos 48 artigos restantes, 29 foram excluídos após a leitura dos resumos (2ª etapa), restando assim 19 artigos para leitura na íntegra (3ª etapa). Após essa etapa 9 artigos foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão. 10 artigos foram selecionados para compor essa revisão integrativa, esses dados estão expressos na figura abaixo.

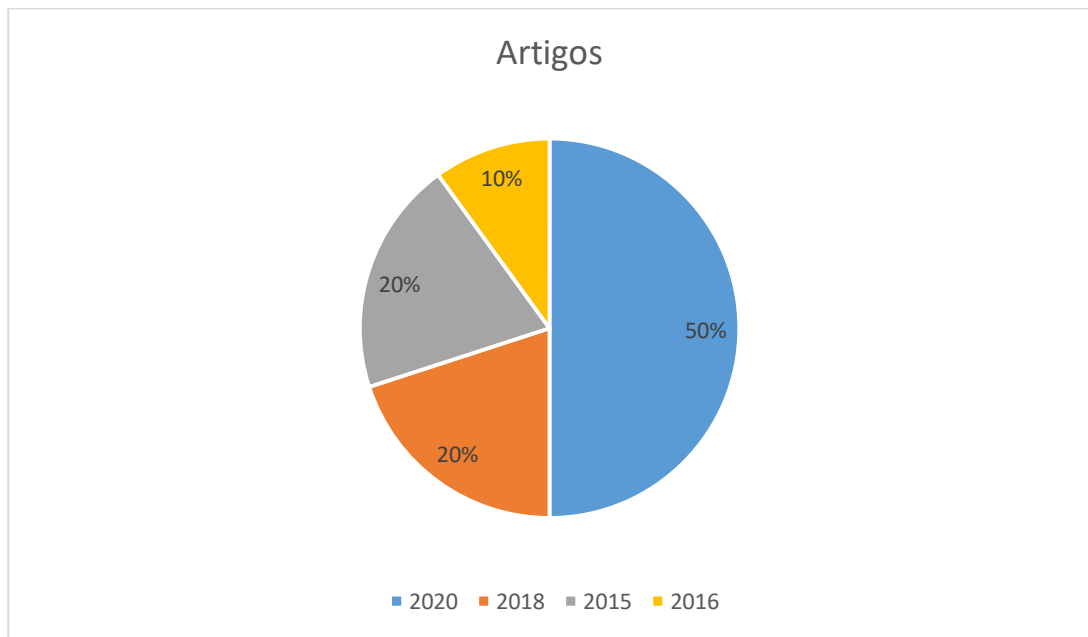
**Figura 3:** Fluxograma da busca de artigos e critérios de seleção



Fonte: Autor, 2021.

Na presente pesquisa integrativa, foram selecionados 274 artigos e somente 10 atenderam aos critérios de inclusão previamente estabelecidos. Dos 10 artigos selecionados, (50%) foi publicado em 2020, (20%) em 2018, (20%) em 2016 e (10%) em 2014. Esses dados estão expressos no gráfico 1.

**Gráfico 1:** Distribuição dos artigos selecionados por ano de publicação.



**Fonte:** Autor, 2021.

Os resultados da análise foram apresentados de forma descritiva segundo os dados obtidos dos autores correspondente de cada artigo analisado, a referência e o título da publicação, o objetivo do artigo e sua conclusão. Esses dados estão expressos tabela 1.

**Tabela 1.** Características e resultados dos estudos incluídos na revisão integrativa.

| REFERÊNCIA              | TÍTULO DO ARTIGO                              | OBJETIVO  | CONCLUSÃO   |
|-------------------------|---|---|---|
| <b>HOCCQUETTE, 2016</b> | Is in vitro meat the solution for the future? | Identificar benefícios e obstáculos à produção da carne cultivada em larga escala, bem como apresentar possíveis soluções para os mesmos. | A carne cultivada pode trazer benefícios como a redução de gases do efeito estufa, principalmente metano CH <sub>4</sub> , ocupação de menos espaço e fatores éticos como bem estar animal. |

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| <b>SIEGRIST;<br/>HARTMANN,<br/>2020</b> | Perceived naturalness, disgust, trust and food neophobia as predictors of cultured meat acceptance in ten countries | Pesquisar sobre a aceitação da carne cultivada e seus benefícios, em comparação a carne convencional em dez países (Austrália, China, Inglaterra, França, Alemanha, México, África do Sul, Espanha, Suécia e Estados Unidos), e assim conseguir ter uma noção de aceitabilidade do produto. | Apesar de possíveis vantagens ambientais, a falta de naturalidade e a confiança na indústria alimentar, foram os principais fatores que influenciaram na aceitação da carne cultivada.  |
| <b>MATTICK <i>et al</i>,<br/>2015</b>   | A case for systemic environmental analysis of cultured meat   | Analisar as implicações diretas da implementação da carne cultivada na vida do ser humano, e na natureza, bem como, tentar prever consequências indesejadas do novo produto ao longo do tempo.  | A carne cultivada apresentou oportunidades para melhorar o bem-estar humano, reduzir o sofrimento animal e trazer menos impacto ao meio ambiente em quase todos os quesitos, exceto no consumo de energia.  |
| <b>MATTICK, 2015</b>                    | Cellular agriculture: The coming revolution in food production  | Apresentar a agricultura celular e seus benefícios em comparação com a carne de origem animal.  | A agricultura celular é uma tecnologia revolucionária que permitirá a produção de mais alimentos em menos espaço e consumindo menos recursos naturais, eventualmente, podendo fornecer uma série de benefícios, como o bem estar animal, sustentabilidade ambiental e saúde humana. |
| <b>SINGH <i>et al</i>, 2020</b>         | Stem cells-derived <i>in vitro</i> meat: from petri dish to dinner plate  | Destacar a necessidade e o potencial da carne <i>in vitro</i> derivada de células tronco como uma fonte alternativa de proteína animal.   | A carne à base de células oferece uma abordagem segura e livre de doenças para atender à crescente demanda por carne sem abate de animais, ao mesmo tempo, reduz os danos ambientais e diminui a carga de doenças em humanos.   |
| <b>COSTA, 2020</b>                      | A percepção do consumidor sobre a carne tecnológica   | Entender a percepção dos consumidores sobre a carne tecnológica, diante de seus benefícios para o meio ambiente, entender as atitudes dos consumidores e avaliar como percebem este produto.  | Foi possível identificar que os benefícios sociais e ambientais contribuiriam favoravelmente para a aceitação dos alimentos GM, deixando evidente que o apelo ambiental tem grande poder na aceitação do consumidor final da carne cultivada.                                       |
| <b>AUDINO, 2020</b>                     | Los substitutos de la carne   | Avaliar o consumo de carne global e expor suas  | Os resultados obtidos concluíram que a pecuária   |

|                              |  |  |  |
|------------------------------|--|--|--|
|                              |  | consequências para o meio ambiente.  | contribui com 14,5% das emissões de gases do efeito estufa (GEE) causadas por humanos. Destes 14,5% a fermentação entérica de animais ruminantes contribui com quase 40% dos GEE, as emissões relacionadas ao estrume contribuem com cerca de 25%, a produção de ração com 13%, mudança de uso da terra para gado 10% e as emissões pós-pecuária (processamento, transporte instalação e distribuição) com 2,9%. |
| <b>CHOUHURY et al., 2020</b> | The Cultivated Meat Business                                     | Alertar sobre o crescimento eminente da demanda por proteína animal, bem como, ressaltar a importância da carne cultivada como alternativa para atender a mesma.             | Os resultados concluem que a pesquisa sugere vantagens ambientais, como o uso de menos terra, água, energia e menor emissão de gases do efeito estufa.   |
| <b>SHARMA, 2015</b>          | In vitro meat production system: why and how?                    | Discutir o conceito de sistema de produção de carne In Vitro, analisar o contexto de suas implicações, as vantagens e os desafios enfrentados por esta tecnologia emergente. | O trabalho conclui que, além de vantagens em questões ambientais, a carne cultivada traz vantagens à saúde humana, uma vez que na carne cultivada, diferente da carne tradicional, temos a possibilidade de controlar seus componentes lipídicos como níveis de gordura e hormônios, podendo assim evitar ou minimizar problemas relacionados a doenças cardiovasculares, morbidade e diabetes.                  |
| <b>MANPREET, 2018</b>        | In vitro meat: an ethical solution for an unsustainable practice | Discutir as limitações dos métodos atuais de produção de carne, o processo de obtenção de carne in vitro e as vantagens e desvantagens desta nova técnica.                   | O trabalho mostra o alto consumo de energia, água, terra e antibióticos, utilizados atualmente na produção de carne convencional, tudo por uma baixa taxa de rendimento quando comparada com a da agricultura celular.   |

Fonte: Autor, 2021.



Segundo Fernandes (2017), a carne cultivada, configura-se como uma das possíveis fontes de proteínas do futuro. Seu surgimento deriva da engenharia de tecidos regenerativos, com base na cultura de células precursoras. Logo, seu processo produtivo ocorre totalmente em laboratório, mediante cultivo *in vitro* de células-tronco retiradas do interior do músculo do animal vivo.

É notado que atualmente existe uma enorme pressão para a resolução de problemas relacionados a necessidade de alimentar uma população crescente, ao mesmo tempo em que se faz necessário a preservação da natureza e o meio ambiente, e nesse cenário, a carne cultivada vem ganhando espaço como uma solução para ambos. Mesmo com as possíveis vantagens como a redução de gases do efeito estufa, principalmente metano CH<sub>4</sub>, ocupação de menos espaço e fatores éticos como bem estar animal, essa tecnologia deverá enfrentar diversos desafios para atingir um nível de produção industrial, sendo os principais deles o alto custo de produção e a aceitação do consumidor pelo produto (HOCCQUETTE, 2016).

Pesquisa realizada a respeito da aceitação da carne cultivada, com um total de 6128 participantes em dez países (Austrália, China, Inglaterra, França, Alemanha, México, África do sul, Espanha, Suécia e Estados Unidos), mostraram que apesar de uma aceitabilidade razoável, em grande parte devido ao apelo ético do não sofrimento animal e as políticas de preservação ambiental, a mesma difere fortemente entre culturas e dentro delas, fatores como naturalidade e origem do produto foram os principais influenciadores na decisão de consumo dos participantes. Tornando notável o peso entre o “natural” e o “artificial” na escolha do consumidor (MICHAEL; CHRISTINA, 2020).

Mattick e colaboradores (2015), mostraram que apesar dos impactos positivos como 7%-45% menor uso de energia (exceto em aves), 78-96% menos emissão de gases do efeito estufa (GGE), 99% menor uso de terra e 82-96% menos uso de água (dependendo do produto comparado), por se tratar de uma tecnologia nova, pode apresentar consequências inesperadas e imprevistas ao longo do tempo, devendo haver pesquisas em andamento para responder rapidamente e antecipar essas consequências.

A tabela a seguir mostra uma comparação dos impactos ambientais estimados da produção de 1 quilo de produto cárneo nos Estados Unidos.

**Tabela 2:** comparação dos impactos ambientais estimados da produção de 1 quilo de produto cárneo nos Estados Unidos

| Categoria de impacto  | Carne bovina | Carne de porco | Aves | Cultivada      |
|---|--------------|----------------|------|----------------|
| Uso da terra (m <sup>2</sup> / ano)                         | 92 - 113     | 15,8 – 18,3    | 9,5  | 5,5 (2 – 8)    |
| Energia (MJ)  | 78,6 – 92,6  | 16,0 – 19,6    | 26,6 | 106 (50 – 359) |
| Emissões de gases de efeito estufa (kg CO <sub>2</sub> -eq) | 30,5 – 33,3  | 4,1 – 5,0      | 2,3  | 7 (4 – 25)     |
| Potencial de eutrofização (kg PO <sub>4</sub> -eq)          | 214 – 245    | 26,2 – 34,3    | 6,4  | 8 (4 – 14)     |

Fonte: Adaptado de MATTICK, 2015.

A tabela evidencia que para a maioria dos produtos cárneos, a carne cultivada obtém maiores vantagens, tendo em vista os benefícios envolvidos, enquanto que para outros, principalmente aves, ainda não é uma tecnologia capaz de trazer vantagens, isso se dá principalmente elevado consumo de energia.

Para Singh e colaboradores (2020), é possível observar que a produção convencional de carne através de animais de criação está associada a sérios problemas ambientais, saúde humana, questões éticas e religiosas, impacto no meio ambiente, recursos terrestres e energéticos. Enquanto que a carne à base de células oferece uma abordagem segura e livre de doenças para atender crescente demanda por carne, ao mesmo tempo em que reduz danos ambientais e diminui a carga de doenças em humanos.

Costa (2020), ressalta que a necessidade de carne é crescente, e como alternativa para a produção de carne composta por proteína animal, emerge a carne tecnológica, sendo conhecida também como carne cultivada ou MIV (*in vitro meat*). Estima-se que a agropecuária hoje é responsável, no total, por mais de 70% do uso de água doce (FAO, 2017), sendo 23% destinada à pecuária de corte, além de também ser responsável por 80% dos antibióticos e por pelo menos 23% da liberação dos gases do efeito estufa (ISTO É, 2019). Presume-se que a carne cultivada traga como benefícios reduções de: 45% na energia utilizada, 78,96% na emissão de gases do efeito estufa, 99% no uso da terra e 82,96% no consumo de água (TUOMISTO; TEIXEIRA 2011).

De acordo com uma análise do ciclo de vida (LCA), a carne cultivada precisaria de 82-96% menos água, produziria 78-96% menos gases de efeito estufa, consumiria 7-45% menos energia, e envolveria 99% menos uso de terra do que a produção tradicional de carne bovina,

suína, ovina e avícola. Apenas aves criadas de forma convencional consumiriam menos energia do que a carne cultivada em laboratório (AUDINO, 2020). Além disso, a carne cultivada em laboratório deixaria livre muita terra que poderia ser usada para o cultivo de cereais para consumo.

Segundo Choudhury e colaboradores (2020), uma avaliação preliminar do ciclo de vida da produção da carne cultivada sugeriu que, em comparação com a produção de carne convencional, poderia utilizar 7- 45% menos energia, 99% menos terra e 96% menos água, e emitem 78 - 96% menos emissões de gases de efeito estufa, além de ser considerada “carne limpa” devido ao seu método de produção a base de células.

Já Sharma (2015), conclui que a carne a cultivada busca não só minimizar impactos, ambientais reduzindo emissões de gases do efeito estufa, como também contribui para a saúde humana, uma vez que, na carne cultivada, diferente da carne tradicional, temos a possibilidade de controlar seus componentes lipídicos como níveis de gordura e hormônios, podendo assim evitar ou minimizar problemas relacionados a doenças cardiovasculares, morbidade e diabetes.

A carne cultivada está a apenas uma década de ser comercialmente disponível, economicamente sustentável e moralmente consciente, sua fabricação não precisará passar por usos pesados de antibióticos, também diminuirá a quantidade de terra usada para criar gado, bem como terras aráveis usadas para criar ração, em cerca de 99%. A energia usada para produzir a carne cultivada diminuirá em 45%, quando em comparação com os métodos modernos de criação de gado (MANPREET, 2018). Além disso, a quantidade de gases de efeito estufa emitida pela criação de gado, alimentação, transporte e processamento de gado diminuirá em 96% quando mudado para meios *in vitro* (MEATFREE, 2015).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante do analisado é possível concluir que, a produção em larga escala de carne cultivada (*carne in vitro*), pode trazer vários benefícios para o meio ambiente e atrelado a isso, para a saúde humana, visto suas vantagens em comparação a carne tradicional, como diminuição de emissões dos gases do efeito estufa, principalmente o metano CH<sub>4</sub>, menor uso energético na produção da maioria dos tecidos cárneos (exceto aves), menor uso de recursos naturais como água e terra, e menor consumo de antibióticos e pesticidas, sendo possível também controlar seus componentes como níveis de gordura e hormônios.

Devido a isso, a produção de carne cultivada pode ajudar a suprir a demanda crescente por proteína animal, utilizando menos recursos e espaço, além de possibilitar um maior cuidado com o meio ambiente, através da preservação da natureza.

## REFERÊNCIAS

- AGUILAR, Tatiana Santos. **Influência do meio de cultura na expressão de fator de coagulação VIII recombinante por linhagem**. 2013. Dissertação (Mestrado em Processos Industriais), Instituto de pesquisas tecnológicas do estado de São Paulo, São Paulo, 2013.
- ALTOÉ, Isabella; MENOTTI, Gabriel. A (re)invenção da carne: Controvérsias e potências das carnes artificiais. **Ponto Urbe - Revista do núcleo de antropologia urbana da USP**, v. 7748, n. 26, 2018.
- ARSHAD, Muhammad Sajid; JAVED, Miral; SOHAIB, Muhammad; SAEED, Farhan; IMRAN, Ali; AMJAD, Zaid. **Tissue engineering approaches to develop cell-grown meat: a mini review**. Cogent Food & Agriculture. Vol. 3, Ed. 1, 2017
- AUDINO, Annalisa; BAKUDILA, Anselme; MILANO, Serena; NANO, Paola; PANTZER, Yael; PONZIO, Raffella. Substitutos de la carne. **Slow Food 2020**
- BAILONE, Ricardo Lacava; FUKUSHIMA, Hirla Costa Silva; ROÇA, Roberto de Oliveira; BORRA, Ricardo Carneiro; e AGUIAR, Luis Kluwe. Inovação tecnológica no setor produtivo da carne: in vitro, a carne do futuro. **RISUS - Journal on Innovation and Sustainability**, v. 10, n. 4, 2019.
- BENJAMINSON, Morris Aeron; LEHRER, Staley; MACKLIN, Danielle A. Bioconversion systems for food and water on long term space missions. **Acta Astronautica**, v. 43 p. 329-348, 1998.
- BHAT, Zuhaid Fayaz; KUMAR, Sunil; BHAT, Fayaz Hina. In vitro meat: A future animal-free harvest. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, vol. 57. n 4, p. 782-789, 2017.
- BHAT, Zuhaid Fayaz; KUMAR Sunil; Fyaz Hina. In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. **Journal of Integrative Agriculture 14 (2) p.241-248, 2015.**
- BRETAS, Rodrigo Martins. Avaliação da capacidade instalada para a produção e certificação de células animais. **Fiocruz (Fundação Osvaldo Cruz)** Dissertação (mestrado) – Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos, PósGraduação em Tecnologia em Imunobiológicos, 2011. Bibliografia: f. 123-134
- BODIOU, Vicente; MOUTSATSOU, Panagiota; POST, Mark J. Microcarriers for Upscaling Cultured Meat Production. **Frontiers**, v. 7, n. 10, 2020.

BONNY, Sarah PF; GARDNER, Graham E; PETHICK, David W; HOCQUETT, Jean-François. Artificial meat and the future of the meat industry. **Csiro Animal Production Science**, v. 57, p. 2216-2223, 2017.

CHRIKI, Sghaier; ELLIES-OURY, Marie-Pierre; FOURNIER, Dominique; LIU, Jingjing e HOCQUETTE, Jean-François. Analysis of Scientific and Press Articles Related to Cultured Meat for a Better Understanding of Its Perception. **Frontiers**, v. 11, 2020.

CATTS, Oron; ZURR Lonat. Growing Semi-Living Sculptures: The Tissue Culture & Art Project. **The MIT Press Journals**, v. 35, n. 4, p. 365-370, 2002.

COSTA, Andre Luiz Nascimento. A percepção do consumidor sobre a carne tecnológica Dissertação (mestrado profissional MPGC) – **Fundação Getulio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo** 2020

CHIOT, Bruna Favassa. Desenvolvimento de protocolo para cultivo de células-tronco em biorreatores de perfusão para a engenharia de tecidos. **LUME UFRGS, repositório digital**. 2015. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Química) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. 2015.

CHOUDHURY, Deepark; TSENG, Ting Wei; SWARTZ, Elliot. the business of cultivated meat. **Celpress Reviewa Trends in Biotechnology**. Vol. 38, No. 6, 2020

FAPRI-MU. Impacts of Selected Provisions of the House Agriculture Committee and Senate Farm Bills. **Food & Agricultural Policy Research Institute**, v. 05, n. 12, 2012.

FAUSTMAN, Cameron; HAMERNIK, Deb; LOOPER, Michael; ZINN, Steven. Cell-based meat: the need to assess holistically. **Jounal of animal Science**, v. 98, 2020.

FERNANDES, Alice Munz; COSTA, Lucas Teixeira; SOUZA, Ângela Rosane Leal; RÉVILLION, Jean Philippe Palma. Publicações científicas sobre carne cultivada: onde, quando e por quem? *In VI Simpósio da Ciência do Agronegócio*. Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2018

FERRARINI, Ana Maria. O impacto ambiental atribuído à pecuária **CRMVPR (Conselho Regional de Medicina Veterinária do Paraná)**. 2010.

FAO. The State of Food and Agriculture 2019. Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction. **Food and Agriculture Organization of the United Nations** 2019

FOX, Jeffrey L. Test tube meat on the menu? **Nature biotechnology** v. 27, n. 873. 2009.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. **Editora Atlas S. A.** 6.ed. São Paulo: 2008

HEIDMANN, Marina S; TACONELI, Cesar A; REIS, Germano G; PARISI, Giuliana; MOLENTO, Carla F.M. Critical Perspective of Animal Production Specialists on Cell-Based Meat in Brazil: From Bottleneck to Best Scenarios. **MDPI – Publisher of Open Access Journals**, v. 10, 2020.

HOCQUETTE, Jean-François. Is in vitro meat the solution for the future? **Meat Science**, v. 120, p. 167-176, 2016.

IBGE, 2015 **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censos agropecuários 1970, 1980, 1985, 1995 e 2006.

ISTO É 1/5 do efeito estufa vem de desmate e agropecuária. Isto é, 2019. Disponível em: <<https://istoe.com.br/1-5-do-efeito-estufa-vem-de-desmate-e-agropecuaria/>>. Acesso em: 18 de maio de 2021.

LANGELAAN, Marloes LP; BOONEN, Kristel JM; CHAK, Kang Yuen Rosaria; SCHAFT, Daisy WJ van der; POST, Mark J; BAAIJENS, Frank PT. Advanced maturation by electrical stimulation: Differences in response between C2C12 and primary muscle progenitor cells. **Journal of tissue engineering and regenerative**, v. 5, n. 7. p. 529-539. 2011.

LESSCHEN JP; BERG, van der M; WITZKE, HP; WESTHOEK, HJ; OENEMA, O. The greenhouse gas emission profile of the European livestock sectors. **Anim Feed Sci Technol**. 2011; Vol. 166–167, Pag.16–28.

LIMA, Raylla Pereira. Crescimento das exportações de carne bovina brasileira entre 2005 e 2015: fatores econômicos. **Repositório Institucional UFG**. 2018. Dissertação (Mestrado em Economia) Faculdade de Administração, Ciências contábeis e Economia, Universidade Federal de Goiás, 2018.

MARTIN, Ivan; WENDT, David; HEBERER, Michael. The role of bioreactors in tissue engineering. **Trends in biotechnology**, v. 22, n. 2, p. 80-85, 2004.

MATTICK, Caroly S; LANDIS, Amy E; ALLENBY, Braden R. A case for systemic environmental analysis of cultivated meat. **Journal of Integrative Agriculture** 2015, 14 (1) 249–254.

MATTICK, Carolyn S. Cellular agriculture: the coming revolution in the production of Foods. **Atomic Scientists Newsletter** VOL. 74, NO. 1, Pg. 32 – 35, 2018.

MANPREET, Takhar. In vitro meat: an ethical solution for an unsustainable practice. **UC Merced Graduate Research Journal**. 10 (2) 2018

MEATFREE. **Reasons for not eating meat, chicken, fish and eggs** MEAT FREE 2018. Disponível em: <http://criticalthink.info/webindex/MeatFree.htm>. Acesso em 18 de maio de 2021

MIZUKAMI, Amanda. Expansão in vitro de células-tronco mesenquimais cultivadas em biorreator de fibra oca. **Repositório institucional UFSCar**. Dissertação (Pós-Graduação em Biotecnologia) Universidade Federal de São Carlos, 2011.

O'RIORDDAN, Kate; FOTOPOULOU, Aristeia; STEPHENS, Neil. The first bite: Imaginaries, promotional publics and the laboratory. **Journals, Public Understanding of Science**, v. 26, n. 2, p. 148-163, 2016.

PEREIRA, Rafael mesquita; ALMEIDA, Alexandre Nunes; GONÇALVES, Rodrigo da Rocha. Exportações de carne bovina brasileira: uma análise a partir de um modelo de equilíbrio geral computável. **Unisinos: Perspectiva Econômica**, v. 15, n. 1, p. 31-50, 2019.

ROJAS, Andrés Cartín; ORTIZ, Priscilla. Vantagens e desvantagens do cultivo de carne em vitro: perspectivas da segurança alimentar. **Rev. Med. Vet**, n. 36, p. 135-144, 2017.

SAATH, Kleverton Clovis de Oliveira; e FACHIELLO, Arlei Luiz. Crescimento da Demanda Mundial de Alimentos e Restrições do Fator Terra no Brasil **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 195-212, 2018.

SANTOS, Enrico Jardim Clemente. Carne artificial: uma nova perspectiva baseada no cultivo de células-tronco e engenharia tecidual. **Segurança Alimentar Nutricional**, v. 26, p. 1-9, 2019.

SIEGRIST, Michael; HARTMANN, Christina. Perceived naturalness, disgust, confidence and food neophobia as predictors of acceptance of meat grown in ten countries **Apetite** Vol. 155 (2020)

SHARMA, Shruti; THIND, Sukhcharanjit, Singh; KAUR, Amarjeet. In vitro meat production system: why and how? **Journal of Food Science and Technology**. 52 (12): 7599–7607. 2015

SILVA, Lariza Gabriele Pereira; GOMES, Mariana Nadai Bonin; DUARTE, Marjorie Toledo; SURITA, Lucy Mery Antônia; LIMONI, Bruno Henrique Souza. Carnes para o futuro: carne orgânica x carne artificial, uma revisão. **Anais da XI Mostra Científica FAMEZ**. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2018.

SIVARUBAN, Santhya; UTERMANN, Niklas e VITTORI, Felix. In vitro as an alternative to meat. **Tandfonline**, p. 782-789, 2019.

SILVEIRA, Renata Ferreira 2007. Produção de etanol por leveduras em biorreatores com células livres e imobilizadas utilizando soro de queijo. **LUME UFRGS, repositório digital**. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia. 2006.

SINGH, Anshuman; VERMA, Vinod; KUMAR, Manoj; KUMAR, Ashok; SARMA, Devojit, Kumar; SINGH, Birbal and JHA, Rajneesh. **Stem cells-derived in vitro meat: from petri dish to dinner plate**. Critical evaluations in food science and nutrition. Vol 60, 2020

SINGH, R. The wave bioreactor story. **Silo.Tips**. 28-9282-57 AA. 2017.

SOUZA, Marcela Tavares; SILVA, Michelly Dias; CARVALHO, Rachel. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo) vol.8 no.1 São Paulo Jan / Mar. 2010**

STEPHENS, Neil; SILVIO, Lucy Di; DUNSFORD, IItud; ELLIS, Marianne; ABIGAIL, Glencross; SEXTON, Alexandra. Bringing cultured meat to Market: technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. **Trends in Food Science & Technology**, v. 78, p. 155-166, 2018.

SUN, Li-Yi; LIN, Shinn-Zong; LI, Yuan-Sheng; HARN, Horng-Jyh; CHIOU, Tzyy-Wen. Functional cells cultured on microcarriers for use in regenerative medicine research. **Cognizant**, v. 20, p. 49–62, 2011.

TOUMISTO, Hanna L. The eco-friendly burger: Could cultured meat improve the environmental sustainability of meat products? **EMBO reports**, v 20, n. 1, 2019.

TOUMISTO, Hanna L; e MATTOS, Joost Teixeira. Environmental Impacts of Cultured Meat Production. **Environmental Science & technology**, v. 45, n. 14, p. 6117-6123, 2011.

TOUMISTO, Hanna L; ELLIS, Marianne J; HAASTRUP, Palle. Environmental impacts of cultured meat: alternative production scenarios. **Proceedings of the 9th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector**. 8-10 October 2014 - San Francisco, P. 1360-1366

WEELE, Cor Van Der; DRIESSEN, Clemens. Emerging Profiles for Cultured meat; Ethics through and as Design. **MDPI – Publisher of Open Access Journals**, v. 3, p. 647-662, 2013.

WÜST, Caroline; TAGLIANI, Naiara; CONTATO, Ani Carla. *In*: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. PORTO VELHO/RS – 23 a 26/11/2015. **A pecuária e sua influência impactante ao meio ambiente**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) – Campus Sertão, 2015.