

# BIOTECNOLOGIA APLICADA A SÍNTESE DE CARNES BOVINAS *IN VITRO*

LIMA, Lorena Tiemy; MORAES, Dante Augusto  
[tiemy.lorena@hotmail.com](mailto:tiemy.lorena@hotmail.com)

Centro de Pós-Graduação e Pesquisa Oswaldo Cruz

**Resumo:** O uso da tecnologia de produção de carnes *in vitro* está cada vez mais justificável, pois os sistemas convencionais são uma grande fonte de poluição, consumidor de combustíveis fósseis, recursos terrestres e hídricos. A biotecnologia proporcionou o melhoramento genético, uso de células troncos e abertura de novos mercados. A proposta de cultivar carne em laboratório é uma alternativa mais limpa, sustentável e que reduz o abate indiscriminado de animais. Os métodos de produção é a partir do isolamento de células, podem ser multiplicadas e diferenciadas em células musculares (mioblastos) que se fundem para formar miotubos e construir fibras musculares ou por células troncos adultas, as células que sofreram lesões podem ser reparadas por células satélites em um andaime (grânulos de colágeno) em um meio de cultura em suspensão dentro de um ou mais biorreator. Elas são estabelecidas em placas de petri e há necessidade de biorreatores otimizados para o cultivo, como a oxigenação e o transporte de nutrientes adequados. Depois as células musculares se agrupam-se formando um filamento de tecido muscular, que podem ser processados como carne moída.

**Palavras chaves:** Biotecnologia; Carnes *in vitro*, Engenharia celular, Meio Ambiente e Sustentabilidade.

**Abstract:**

**Keywords:** Biotechnology; Cultured meat; **Cellular** engineering; Environment; Sustainability.

## INTRODUÇÃO

A palavra biotecnologia é uma atividade baseada em conhecimentos multidisciplinares, que utiliza agentes biológicos para fazer produtos úteis ou resolver problemas. Ela forma uma rede complexa na qual a ciência e a tecnologia estão entrelaçadas e se completam. Também abrange tópicos decorrentes da ciência básica (biologia e microbiologia), ciência aplicada (técnicas imunológicas e bioquímicas) e de outras tecnologias (fermentações, separações, purificações, bioinformática, robótica e controle de processos). Já não se trata de promessas ou de perspectivas futuras; os produtos e/ou processos biotecnológicos fazem parte de nosso dia a dia, trazendo oportunidades de emprego e investimentos (MALAJOVICH,2011).

Os produtos e serviços estão relacionados com setores de cada um, como por exemplo:

- Na geração de energia renovável a partir de biomassa;
- Produção industrial de compostos químicos, vitaminas, antibióticos, enzimas;
- No meio ambiente auxilia na recuperação de petróleo, biorremediação (tratamento de águas servidas e de lixo, eliminação de poluentes);
- Na agricultura com adubo, silagem, biopesticidas, biofertilizantes;

- Plantas transgênicas: com maior valor nutritivo; resistência a pragas e condições de cultivo adversas (seca, salinidade, etc);
- Na pecuária com embriões, animais transgênicos, vacinas e medicamentos para uso veterinário;
- Na alimentação com fermentações na área de panificação (pães e biscoitos), laticínios (queijos, iogurtes e outras bebidas lácteas), bebidas (cervejas, vinhos e bebidas destiladas) e aditivos diversos (shoyu, monoglutamato de sódio, adoçantes etc.);
- Na saúde com produção de novos medicamentos, reagentes e teste para diagnóstico e novos tratamentos (MALAJOVICH,2011).

A biotecnologia na produção de animais, pode ser empregada para aumentar a produção de alimentos, a eficiência dos sistemas de produção, a qualidade dos produtos de origem animal e a sustentabilidade do sistema. Os produtos e serviços gerados são através do emprego de técnicas biotecnológicas como hormônio de crescimento bovino, empregado para aumentar a produção de leite; vacinas recombinantes para prevenção de doenças em bovinos, suínos, ovinos e aves; testes genéticos de DNA utilizados na seleção de animais com genótipos superiores em programas de melhoramento. O melhoramento genético é por meio de estudo do genótipo e fenótipo de espécies, permitindo obter uma biblioteca de genes. Três estratégias principais têm sido utilizadas para identificar genes de interesse: mapeamento de QTL (Quantitative Trait Locus), genes candidatos e sequenciamento de DNA e mRNA, incluindo expressão gênica, elas contribuem para identificação dos alelos específicos e favoráveis (COUTINHO *et al.*, 2010).

### **CARNES *IN VITRO***

Como uma alternativa para a produção tradicional da carne animal, a produção de carne de laboratório ou *in vitro* propicia a fabricação de carne utilizando-se tecnologias de engenharia celular com uso de células-tronco de um animal doador coletadas através de biópsia. Além disso, ela traz diversas vantagens, uma delas é o bem-estar animal, visto que não há necessidade da criação, desde o nascimento até o abate dos mesmos, eles podem viver no ambiente destinado à preservação da fauna e da flora, sem finalidade de servirem como alimento para o homem. Outra vantagem, é preservação do meio ambiente, visto que se tem uma melhor gestão do uso de recursos naturais, por meio de parâmetros altamente controlados dentro do laboratório e melhorias na conversão alimentar, minimizando impactos ambientais pelo uso indiscriminado da água, terra e energia (BAILONE; FUKUSHIMA; ROÇA; BORRA; AGUIAR, 2019).

Ela é um alimento alternativo, pode ter superação dos preconceitos dos consumidores, expande o mercado de novos produtos e será uma ferramenta para criar um sistema alimentar mais saudável, mais eficiente e mais humano, sendo também resolução de problemas como fome e desnutrição de alguns países (FERREIRA; SANTOS, 2019).

Um sistema de produção de carne *in vitro* envolve cultura de tecido muscular em um meio líquido, permite um produto mais seguro e saudável. A cultura de miócitos impede o propagação de doenças de origem animal que podem ou não afetar a carne produtos. Além disso, reduzindo a quantidade de quase um quarto humano - interação animal, a incidência de zoonoses epidêmicas em desenvolvimento declínio. O emprego de técnica asséptica ao longo da cultura processo garante que o produto de carne está livre de contaminação. As condições controladas também oferecem a capacidade de manipulação para criar produtos cárneos com diferentes perfis nutricionais, texturais e de sabor. Este pode ser realizado por co-cultura com

diferentes tipos de células, meio suplementação ou engenharia genética (DATAR; BETTI, 2010).

## HISTÓRICO

A ideia de produzir a carne de laboratório é de quase 90 anos. Quando o político e estadista britânico Winston Churchill (1874-1965) previu que, no futuro, existiria uma tecnologia capaz de produzir partes de animais em laboratório, sem a necessidade do abate (FERREIRA; SANTOS, 2019).

Através de seu livro publicado em 1932, “Pensamentos e Aventuras”, Winston Churchill chegou a citar a possibilidade de ser produzir carne por meios alternativos, com a seguinte citação: “Daqui a cinquenta anos, devemos fugir do absurdo de cultivar uma galinha inteira para comer o peito ou a asa” (CHURCHILL, 1932). No entanto, naquela época, a cultura de células e tecidos era inexistente e a ideia ficou adormecida por algumas décadas (BAILONE; FUKUSHIMA; ROÇA; BORRA; AGUIAR, 2019).

Em 2013, cientistas da Universidade de Maastricht, na Holanda, desenvolveram (e comeram) o primeiro hambúrguer artificial do mundo, feito de células-tronco (VERSIGNASSI; MONTEIRO, 2018). Esse hambúrguer custou US\$ 250 mil e foi apresentado ao mundo em um programa na rede de TV britânica BBC (British Broadcasting Corporation) (FERREIRA; SANTOS, 2019).

## PRODUÇÃO

A produção de carnes *in vitro* se dá basicamente pelas etapas de isolamento celular, proliferação celular, diferenciação com necessidade de estímulo químico (meio de cultura) e de estímulo físico (telas de fixação), os mioblastos se fundem formando filamentos de tecido muscular através de miotubos, enfim são coletadas para montagem do produto final, triturados ou processados (BAILONE; FUKUSHIMA; ROÇA; BORRA; AGUIAR, 2019).

Na miogênese *in vivo* há ação de duas proteínas atuantes, família MyoD (grupo de proteínas reguladas por um mesmo gene, de mesmo nome) e pax3 e pax7 (fatores que regulam a transcrição em células musculares precursoras ao novo tecido), na diferenciação celular deve ter estímulo químico com proteínas reguladoras, fatores de crescimento (transcrição da fase G0 para G1- *Ultraser G*), nutrientes e oxigênio; e estímulo físico: ancoramento das células, alinhamento correto para fusão dos mioblastos e contração das células para formação do sarcômero. O controle de qualidade deste cultivo seriam por cariotipagem, DNA *fingerprinting* ou análise de isoenzimas. Os biorreatores mais utilizados para propagação de cultura de células são Cellroll e CellSpin (micro-escala) e Vortex de Taylor (grande escala) (DATAR; BETTI, 2010).

## Células

A carne *in vitro* é obtida de uma cultura de tecido muscular principalmente esquelético, durante o desenvolvimento embriológico as células tronco dão origem a células precursoras musculares proliferativas (mioblastos), porém perdem a capacidade proliferativa ao se fundirem em miotubos multinucleados, que amadurece em uma miofibrila não proliferativa. Após o nascimento a miogênese serve para reparo e regeneração do tecido muscular existente, as células miosatélites associadas à miofibrila respondem ao estresse de suporte de peso ou

lesão por dividir-se assimetricamente em uma célula filha de auto-renovação e uma célula não proliferativa comprometida com miofibra, podendo se fundir com outras células comprometidas para produzir novas miofibras ou adicionar núcleos às miofibras existentes (DATAR; BETTI, 2010).

As células tronco embrionárias possuem sua capacidade regenerativa ilimitada, no entanto, sofre um lento acúmulo de mutações genéticas ao longo do tempo, podendo determinar um período máximo de proliferação. Essas células devem ser especificamente estimulado para se diferenciar em mioblastos e pode imprecisamente recapitular a miogênese. As células satélites são um exemplo de um tipo de célula-tronco adulta com potencial multilinhagem, mas há necessidade de adicionar mais uma etapa no processo, são escassas no tecido muscular e são uma proporção muito pequena (1–5%) da célula população de tecido muscular, e esta porcentagem depende de composição da fibra muscular e idade do organismo (ALLEN, TEMM-GROVE, SHEEHAN, RICE, 1997). Já as células diferenciadas, são abundantes, porém requerem avanços na engenharia de tecidos e biologia celular para formarem colônias imortalizadas e oferecerem opções de células alternativas que podem ter aplicações práticas com potencial multilinha, permitindo o desenvolvimento de co-cultura e com adequação para operações em grande escala (DATAR; BETTI, 2010).

O processo de diferenciação de células tronco se dá em muitas etapas, nas quais diferentes conjuntos de proteínas regulam a expressão gênica que determina a diferenciação posterior, esse processo pode ter interferências ambientais (DATAR; BETTI, 2010).

### **Andaime**

As células satélites são pequenas células miogênicas mononucleadas que contribuem para o crescimento do musculo no embrião e no período pós-natal, elas são dependentes pois só se proliferam e diferenciam quando aderidas a uma superfície que tenha comportamento similar ao um tecido muscular, portanto, um andaime ideal teria uma grande área de contato para crescimento e fixação, seria flexível para permitir a contração, além de maximizar o meio de difusão e facilmente dissociado da cultura da carne. Vários polímeros poderiam ser materiais de andaime para um sistema de produção de carne *in vitro*. Exemplos de polímeros comestíveis ou naturais: são colágeno, celulose, alginato ou quitosano. Estes seriam seguros para deixar no produto e poderiam adicionar um qualidade textural (DATAR; BETTI, 2010).

### **Meio de Cultura**

O meio de cultura deve apoiar e promover o crescimento das células, a cultura de mioblastos geralmente ocorre em soros de animais, um método caro mídia que não se presta bem à aceitação do consumidor e o uso em larga escala, por causa de sua fonte *in vivo*, por isso, pode ter um grande número de constituintes em composição altamente variável e introdução de agentes patogênicos (SHAH, 1999). A colheita de o soro fetal bovino também levanta preocupações éticas. O desenvolvimento de um soro apropriado, completamente livre de quaisquer componentes derivados de animais, parece ideal, mas o potencial para alergênicos de proteínas derivadas de plantas são um fator de risco (DATAR; BETTI, 2010).

A seleção de fator regulatório extrínseco deve ser específica para o tipo de célula e espécie escolhida, o período de proliferação pode exigir uma certa combinação de fatores de crescimento e hormônios, enquanto a diferenciação e o período de maturação pode exigir um conjunto diferente. Alguns fatores regulatórios de células mio-satélites são hormônios, fatores

de crescimento, podendo ser suplementados por transgênicos de espécies bacterianas, vegetais ou animais que produzem espécies recombinantes proteínas (HOUEBINE, 2009) e matriz extracelular (DATAR; BETTI, 2010).

### **Biorreator**

O uso do biorreator, se destina a promover o crescimento de tecido culturas que se assemelham exatamente à arquitetura nativa do tecido, proporcionando um ambiente que permite maiores volumes de cultura. A parede cilíndrica de biorreatores de vaso de parede rotativa gira em uma velocidade que equilibra a força centrífuga, força de arrasto e força gravitacional, isso cria um fluxo laminar do meio, melhorando a difusão com alta taxas de transferência de massa em níveis mínimos de tensão de cisalhamento, produzindo tecidos tridimensionais com estruturas muito semelhantes às *in vivo*. Então, as células são introduzidas em um biorreator para alcançar a perfusão adequada do tecido cultivado, aumentando o transporte de massa entre o meio de cultura e as células, juntamente com o andaime e o uso de transportadores de oxigênio externos para imitar o suprimento de oxigênio fornecido pela hemoglobina, quando a cultura estiver completa, a mídia pode ser reciclada e reformulada, enquanto o andaime e o tecido cultivado são removidos do biorreator. A colheita do tecido envolve a separação do tecido do andaime para processamento posterior, construindo um tecido viável maior de 100–200 µm de espessura (DATAR; BETTI, 2010).

### **Processamento**

Após as células musculares se agruparem, formando um pequeno filamento de tecido muscular, pode ser processado como carne moída ou algum embutido cárneo (FERREIRA; SANTOS, 2019).

## **RELEVÂNCIAS PELA PRODUÇÃO DE CARNE *IN VITRO***

### **Relevância de Demanda**

A carne de boi representa 1,7% do valor de tudo o que o Brasil exporta. Nosso segundo maior produto de exportação, com participação de 9%, é a soja. Mais de 80% da produção mundial de soja vira ração animal, tendo nos bovinos seus principais consumidores, já que a maioria vive em confinamento (VERSIGNASSI; MONTEIRO, 2018).

Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico e a Organizações das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (OCDE; FAO, 2018), o crescimento no setor de carnes é de 19%, sendo que exportações aumentará 3 milhões de toneladas em 2027 e três quartos deste crescimento virão do Brasil. E também prevê que o Brasil aumentará a capacidade de abastecimento em função de melhorias contínuas na produtividade e rendimento do processo, melhora na infraestrutura e acesso nos mercados estrangeiros promovendo oportunidades (OECD-FAO, 2015).

### **Relevância Ambiental**

O aquecimento global é um fenômeno climático causado pelo aumento da temperatura média superficial global, provocado por fatores internos que são sistemas caóticos não lineares, inconstantes, devidos as variáveis como a atividade solar, composição físico-química da

atmosfera, o tectonismo e o vulcanismo e/ou externos que são antropogênicos e relacionados a emissões de gases-estufa por queima de combustíveis fósseis, principalmente carvão e derivados de petróleo, indústrias, refinarias, motores, queimadas, etc (SILVA; PAULA, 2009).

Grande parte do aquecimento observado durante os últimos 50 anos se deve a um aumento nas concentrações de gases-estufa de origem antropogênica. Os gases responsáveis pelo efeito estufa, como vapor de água, clorofluorcarbono (CFC), ozônio (O<sub>3</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), absorvem uma parte da radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra e irradiam, por sua vez, uma parte da energia de volta para a superfície (SILVA; PAULA, 2009).

Os impactos ambientais causados pela produção animal, estão relacionados com as mudanças climáticas, e os animais ruminantes participam diretamente desse processo, pois se alimentam de capim e no rúmen, há microrganismos capazes de digerir a celulose, gerando subprodutos desta fermentação, um é o hidrogênio molecular (H<sub>2</sub>) na forma de gás, que são tóxicos às bactérias e fungos do rúmen, porém há as bactérias arqueas metanogênicas que consomem esse gás e o CO<sub>2</sub> também, limpando o estômago do mesmo e então defecam o gás metano (CH<sub>4</sub>). O metano também é expelido por eructação, 95% do metano sai por esta via (VERSIGNASSI; MONTEIRO, 2018).

Todo gás-estufa tem um número relacionado a ele. É o chamado Potencial de Aquecimento Global (GWP, na sigla em inglês). O GWP do metano nos seus primeiros anos de atmosfera é maior que o gás carbônico. Em uma projeção de 20 anos, um único boi lançaria na forma de metano o equivalente a 4,2 toneladas anuais de CO<sub>2</sub>. Uma vaca leiteira, 5 toneladas, já que consome mais calorias. É o dobro da emissão de um carro (VERSIGNASSI; MONTEIRO, 2018).

A produção mundial de carne atualmente é contribuindo entre 15% e 24% do total de gases de efeito estufa atuais emissões; grande parte dessa porcentagem se deve ao desmatamento para criar pastagens (STEINFELD *et al.*, 2006).

### **Relevância Social**

Segundo, Fiala (2008) calcula a quantidade de total de carne consumida em todo o mundo em 2030 será 72% maior do que isso consumido em 2000, seguindo os padrões de consumo atuais. O sistema de produção de carnes *in vitro* são capazes de aumentar em volume verticalmente, fazendo com que o desmatamento crie pasto desnecessário, não tem desperdício de produtos ou subprodutos, minimiza necessidade de terra e recursos.

### **Outros tipos de Relevância**

**Ética:** Criação de forma livre, sem necessidade do abate animal;

**Industrial:** Criação de novos produtos, contribui com novas pesquisas, permitindo expansão de mercado;

**Científica:** Aprimoramento de técnicas de diferenciação e cultivo celular, novas culturas para ensaios biológicos.

**Saúde pública:** O abate e o processamento da carne no método convencional pode ter risco de transmissão de doenças, gado com resistência aos antibióticos e epidemias de doenças zoonóticas (FERREIRA; SANTOS, 2019).

## CONCLUSÃO

Graças ao avanço da engenharia celular, a biotecnologia e as inovações tecnológicas irão alavancar o setor produtivo de carnes, porém os custos iniciais permanecem elevados, pois há recuperação dos investimentos à pesquisa. A produção de carnes *in vitro* traz benefícios para gerações futuras, preservando o meio ambiente, pois diminui o uso de energia, emissão de gás estufa, utilização de terras e o uso de água; também abre novos mercados devido as mudanças de preferências dos consumidores deste setor. Essa tecnologia ainda necessita de aperfeiçoamentos em versão piloto e de análise sensorial. É um desafio de ter um custo viável.

## REFERÊNCIAS

ALLEN, R. E., TEMM-GROVE, C. J., SHEEHAN, S. M., & RICE, G. (1997). **Skeletal muscle satellite cell cultures**. *Methods in Cell Biology*, 52, 155–176.

BAILONE, RICARDO LACAVA; FUKUSHIMA, HIRLA COSTA SILVA; ROÇA, ROBERTO DE OLIVEIRA; BORRA, RICARDO CARNEIRO; AGUIAR, LUÍS KLUWE DE. “**Inovação tecnológica no setor produtivo da carne: *in vitro*, a carne do futuro?**” *Risus - Journal On Innovation And Sustainability*, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 4-113, 30 dez. 2019.

COUTINHO, LUIZ LEHMANN *et al.* **Biotecnologia animal**. 2010. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142010000300009](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000300009). Acesso em: 26 dez. 2020.

CHURCHILL, W. (1932) Fifty years hence. In: **Thoughts and Adventures London: Thornton Butterworth**, cap. 24–27.

DATAR, I.; BETTI, M. **Possibilities for an *in vitro* meat production system** *Innovative Food Science and Emerging Technologies Elsevier*, , 1 jan. 2010.

FERREIRA, ROBERTA VIANA; SANTOS, ANA ELISA ANTUNES DOS. **Carne de laboratório à mesa**. *Ciência Hoje*. Minas Gerais. 15 out. 2019. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/carne-de-laboratorio-a-mesa/>. Acesso em: 17 jan. 2021.

FIALA, N. (2008). **Meeting the demand: An estimation of potential future greenhouse gas emissions from meat production**. *Ecological Economics*. Doi:10.1016/j.ecolecon.2007.12.021

HOUDEBINE, L. -M. (2009). **Production of pharmaceutical proteins by transgenic animals**. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 32(2), 107–121.

MALAJOVICH M. A. **Biotecnologia**, 2011. Rio de Janeiro, Edições da Biblioteca Max Feffer do Instituto de Tecnologia ORT, 2012.

OCDE, O.; FAO, F. **OCDE e FAO preveem aumento de 17% na produção agrícola e pesqueira na América Latina e no Caribe até 2027** | FAO. Disponível em: <<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/1143495/>>. Acesso em: 20 out. 2020.

OECD-FAO. **OECD-FAO Agricultural Outlook 2015** | READ online. Disponível em:<[https://read.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2015\\_agr\\_outlook-2015-en#page1](https://read.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2015_agr_outlook-2015-en#page1)>. Acesso em: 20 out. 2020.

SHAH, G. (1999). **Why do we still use serum in production of biopharmaceuticals? Developments in Biological Standardization**, 99, 17–22.

SILVA, R. W. da C.; PAULA, B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra Didática**, v.5, n. 1; p. 42-49, 2009. Disponível em: Acesso: 01 jan 2021.

STEINFELD, H., GERBER, P., WASSENAAR, T., CASTEL, V., ROSALES, M., & De HAAN, C. (2006). *Livestock's long shadow: Environmental issues and options*. Rome, Italy: FAO 978- 92-5-195571-7.

VERSIGNASSI A.; MONTEIRO L. **O verdadeiro papel dos bois no aquecimento global**. São Paulo: Edt. Abril, 28 set. 2018. Disponível em: <https://super.abril.com.br/especiais/o-verdadeiro-papel-dos-bois-no-aquecimento-global/>. Acesso em: 01 jan. 2021.