



IV Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica

IV EnICT

ISSN: 2526-6772

IFSP – Câmpus Araraquara

24 e 25 de outubro de 2019



## ANÁLISE DA QUALIDADE DA CARNE POR SUA MICROESTRUTURA E PELA ESPECTROSCOPIA DE IMPEDÂNCIA

BRUNA KOZAKIEVU COSTA<sup>1</sup>, HUYRA ESTEVAO DE ARAÚJO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, Bolsista INOVA-IFSP, IFSP Campus Piracicaba, brunakcost@hotmail.com

<sup>2</sup> Professor Doutor, IFSP Campus Piracicaba, huyraestevao@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Avaliação e Controle de Qualidade de Alimentos – 5.07.01.06-1

**RESUMO:** A grande demanda da agropecuária no Brasil permite o desenvolvimento de soluções tecnológicas para determinação da qualidade da carne. Os métodos utilizados nesse estudo para essa especificação são os de espectroscopia de impedância eletroquímica e o da caracterização por imagem. Os sistemas biológicos são representados por circuitos elétricos e são identificadas nas análises visuais suas composições de membrana, fluido intracelular e extracelular, obtendo as estruturas e geometrias moleculares que caracterizam os tecidos biológicos. Com as análises de impedância e as imagens modeladas por software, cria-se a base de dados utilizada para elaborar um padrão do acabamento da carne, desde carnes magras, padrão e até de alto acabamento, com a análise de seis corte de carne. Deste modo, é obtido um recurso tecnológico para a avaliação da qualidade da carne, implementando os métodos existentes no mercado e, futuramente, tornando-se um processo não invasivo para sua determinação.

**PALAVRAS-CHAVE:** agropecuária; espectroscopia de impedância; microestrutura da carne; qualidade da carne.

### INTRODUÇÃO

A indústria pecuária passa por transformações e adaptações tecnológicas para melhorar e agilizar seus processos no mundo. Devido à grande demanda no Brasil, as soluções para obter uma melhora na qualidade da carne são estudadas e desenvolvidas com novas tecnologias ou tecnologias modernizadas. Assim, os diferentes métodos de análise da qualidade da carne estão crescendo e obtêm variáveis que dependem do músculo do animal. Entre elas, podem-se usar protocolos de criação, como raça, sexo, peso e acabamento, e os de análise da carcaça, para prever a palatabilidade com acurácia, auxiliando o produtor em metodologias otimizadas para atingir o consumidor final efetivamente (“[ESPECIAL MEAT DAY] AVALIAÇÃO DE CARÇAÇA E CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA CARNE”, 2019).

As características obtidas pelo método visual e *post mortem* são a espessura de gordura subcutânea, pH, ossificação, marmoreio, cor de carne e gordura. Para auxiliar e, futuramente, com seu desenvolvimento fazer análises não invasivas, surge a espectroscopia de impedância eletroquímica. Com ela, é possível comparar as amostras da carne com circuitos elétricos que representam o tecido biológico. Com esse método, permite-se implementar mais um modo de análise, sendo ele o de caracterização por imagem, com a investigação da sua microestrutura e das características físico-químicas da carne. Assim, cria-se uma base de dados para que, junto com os outros métodos de análise da qualidade, facilite o processo, evite tempo perdido, evite o desperdício do produto e obtenha maior precisão dos parâmetros e regulamentações da qualidade da carne.

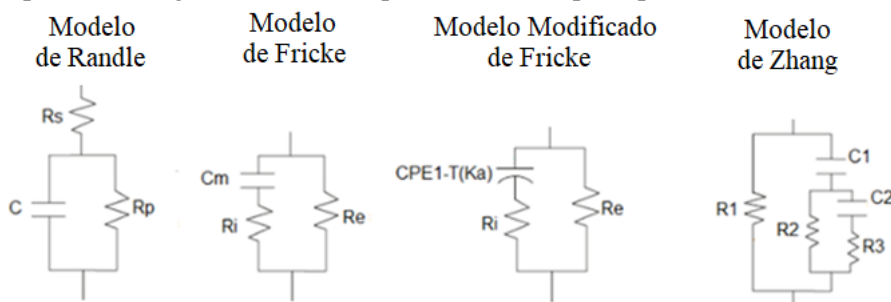
### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A espectroscopia de impedância eletroquímica possibilita a análise e caracterização dos sistemas por meio de ondas eletromagnéticas, tendo extensa divulgação devido a sua praticidade e habilidade de explorar o material, podendo quantificar a qualidade com os fatores físicos mensurados (DAMEZ; CLERJON, 2013).

Focando no aspecto biológico dessa técnica, segundo Yang et al. (2013), quando uma corrente elétrica passa pelo tecido biológico, percorre o fluido extracelular, que é considerado um meio puramente resistivo, ou o fluido extracelular e intracelular, que inclui o efeito capacitivo da membrana celular. Para obter as medidas de impedância, é utilizado o método bipolar, descrito por Damez et al. (2008), onde duas ponteiros induzem a corrente elétrica em diferentes amostras da carne.

Existem diferentes circuitos elétricos que representam os tecidos biológicos, sendo um deles o de Randle que, de acordo com Lu et al. (2016), é o mais simples e comum modelo celular. Ele possui uma resistência de solução, um capacitor de dupla camada e uma resistência à polarização, além de ser usado para modelar processos de corrosão e geralmente ser o ponto de partida para outros modelos mais complexos. A resposta do circuito de Randle é uma função da frequência de perturbação e pode revelar uma dinâmica interna. O modelo de Fricke considera o tecido biológico como uma suspensão homogênea de células em um meio líquido ionizado e simula componentes do tecido biológico, como membranas, fluidos intracelulares e extracelulares, com elementos elétricos passivos, como resistor e capacitor (ZHAO et al. 2017).

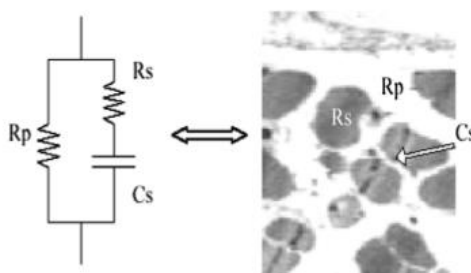
Os circuitos mencionados ainda apresentam reações e transformações desconhecidas nos sistemas biológicos que precisam ser descobertas e exploradas. Para isso, o desenvolvimento do modelo modificado de Fricke adapta o desempenho ao comportamento esperado do músculo durante o envelhecimento, e o modelo de circuito de ZHANG et al. (1990) utiliza uma estrutura celular mais detalhada, como parede celular, vacúolo e tonoplastos. A Figura 1 mostra os quatro circuitos que representam a carne.



**FIGURA 1. Circuitos elétricos que representam sistemas biológicos.**

**Fonte: Elaborada pelo autor.**

A caracterização por imagem é realizada com a associação entre a amostra e os circuitos acima descritos. Na Figura 2 pode-se observar a representação das resistências de solução e de polarização como os fluidos intracelular e extracelular, respectivamente, e a capacitância como a membrana celular.



**FIGURA 2. Modelo de Fricke com suas equivalentes resistências e capacitância no tecido biológico.**

**Fonte: Damez et al. (2007).**

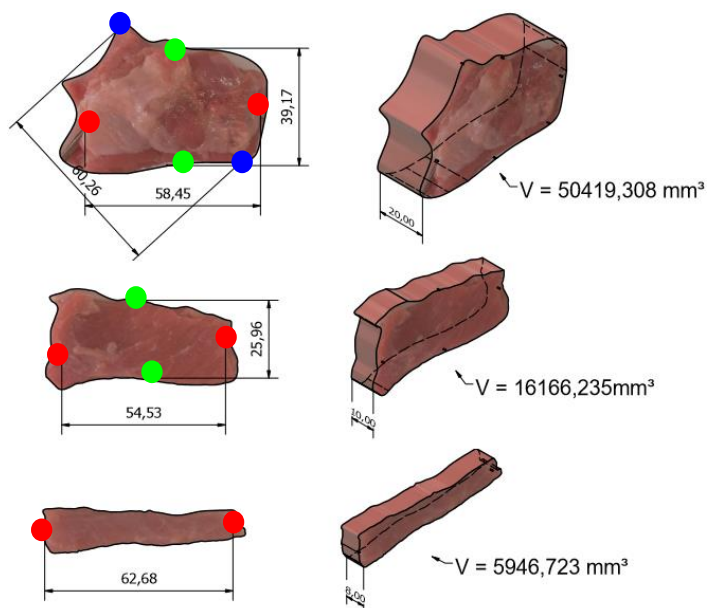
## METODOLOGIA

O setup experimental é apresentado na Figura 3 com o método bipolar e uma das seis amostras de cortes de carne. Os cortes utilizados foram o acém, o coxão duro, o coxão mole, a paleta, o patinho e o peito. A espectroscopia de impedância é realizada e dos circuitos que representam os sistemas biológicos são filtrados os dados obtidos para selecionar as resistências e as capacitâncias de cada corte. Com isso, é possível correlacionar os resultados obtidos na impedância com a caracterização por imagem da carne.



**FIGURA 3. Setup experimental para mensurar a impedância e a caracterização por imagem.**  
**Fonte: Elaborada pelo autor.**

A análise microestrutural da carne foi feita no software Autodesk Inventor, com a representação em escala dos cortes e da estrutura do seu tecido biológico. Para isso, os cortes foram fotografados em diferentes ângulos para a criação mais próxima do modelo real da carne, padronizados para possibilitar a comparação entre eles. A Figura 4 apresenta o desenho 3D de uma amostra e dos demais cortes feitos, com suas dimensões, volumes e os pontos coloridos onde foram posicionadas as ponteiras utilizadas na medição da impedância.



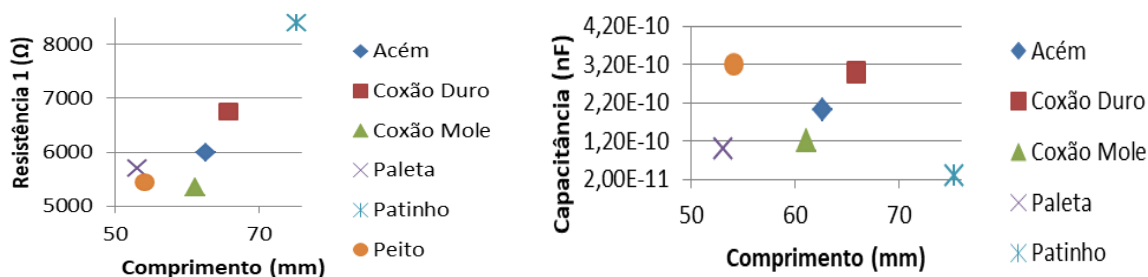
**FIGURA 4. Desenho 3D da amostra de carne e suas dimensões.**  
**Fonte: Elaborada pelo autor.**

Com a base de dados obtida são desenvolvidos sistemas de comparação entre os valores de resistência e capacitância com a estrutura da carne, tendo cada parte do tecido um caráter resistivo ou capacitivo. Assim, é possível criar padrões das composições e, complementando outras técnicas da qualidade da carne, facilitar sua identificação com o objetivo de trazer uma solução tecnológica para o produtor agropecuário da especificação da carne.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As comparações entre os diferentes tipos de carne utilizados foram analisadas e foi criada uma base de dados em relação à qualidade dos cortes utilizados conhecidos bibliograficamente. Os gráficos da Figura

5 apresentam as relações de comprimento das ponteiros, resistência e capacitância entre os seis cortes de carne. As relações de resistência e comprimento são diretamente proporcionais e a de capacitância e comprimento inversamente proporcionais.



**FIGURA 5. Gráficos das relações entre comprimento, resistência e capacitância.**

**Fonte: Elaborada pelo autor.**

A análise dos gráficos confirma a diferença entre os tipos de corte da carne no aspecto de suas qualidades. O patinho foi o corte que apresentou maior resistência e menor capacitância, sendo o mais diferenciado entre os cortes. Isso se deve ao corte ser mais magro, comparado com outros que são mais gordurosos, confirmando a teoria da base bibliográfica.

## CONCLUSÕES

Com os dados obtidos foi possível determinar a diferença entre os cortes de carne quanto aos comprimentos das ponteiros das medidas de impedância e às resistências e capacitâncias, cumprindo o objetivo de investigar a análise da qualidade da carne. O patinho, como já conhecido bibliograficamente por ser um corte magro e de fibras macias, apresentou caráter divergente dos outros cortes, comprovando a diferença da qualidade por meio da espectroscopia de impedância. Para as próximas etapas deverão ser modeladas as amostras de cada corte e identificadas as características biológicas do tecido intracelular, extracelular e da membrana, determinando sua análise microestrutural.

## AGRADECIMENTOS

À Agência de Inovação e Transferência de Tecnologia do Instituto Federal de São Paulo (INOVA-IFSP) que financia o projeto.

## REFERÊNCIAS

[Especial Meat Day] Avaliação de carcaça e classificação da qualidade da carne. Disponível em: <<https://www.bbq-br.com/post/avaliacao-de-carcaça-e-classificação-da-qualidade-de-carne>>. Acesso em: 27/8/2019.

DAMEZ, J. L.; CLERJON, S. Quantifying and predicting meat and meat products quality attributes using electromagnetic waves: An overview. *Meat Science*, v. 95, n. 4, p. 879–896, 2013.

DAMEZ, J. L.; CLERJON, S.; ABOUELKARAM, S.; LEPETIT, J. Dielectric behavior of beef meat in the 1-1500 kHz range: Simulation with the Fricke/Cole-Cole model. *Meat Science*, v. 77, n. 4, p. 512–519, 2007.

DAMEZ, J. L.; CLERJON, S.; ABOUELKARAM, S.; LEPETIT, J. Electrical impedance probing of the muscle food anisotropy for meat ageing control. *Food Control*, v. 19, n. 10, p. 931–939, 2008.

LU, Z.; WANG, H.; NAQVI, S. R.; et al. A point of care electrochemical impedance spectroscopy device. *International System on Chip Conference*, v. 2016-Febru, n. 5 mV, p. 240–244, 2016.

YANG, Y.; WANG, Z. Y.; DING, Q.; et al. Moisture content prediction of porcine meat by bioelectrical impedance spectroscopy. *Mathematical and Computer Modelling*, v. 58, n. 3–4, p. 819–825, 2013.