



IV Encontro de Iniciação Científica e Tecnológica

IV EnICT

ISSN: 2526-6772

IFSP – Câmpus Araraquara

24 e 25 de outubro de 2019



INVESTIGAÇÃO DO USO DE ESPECTROSCOPIA DE IMPEDÂNCIA PARA ANÁLISE DE QUALIDADE DA CARNE

MATHEUS DE SOUZA PANIZZA¹, HUYRA ESTEVÃO DE ARAÚJO²

1 Graduando em Engenharia Elétrica, Bolsista INOVA, IFSP, Câmpus Piracicaba, matheus.panizza@aluno.ifsp.edu.br.

2 Professor Doutor e Pesquisador, IFSP, Câmpus Piracicaba, huyraestevao@ifsp.edu.br.

Área de conhecimento (Tabela CNPq): Materiais dielétricos e Propriedades dielétricas – 1.05.07.15-9

RESUMO: A carne deve corresponder às expectativas do consumidor no que se refere aos atributos de qualidade. No entanto, o controle e determinação da qualidade da carne é um processo de caracterização em que vários fatores podem ser investigados, sendo assim, é um tópico de alta complexidade para ser analisado e modelado. Devido à larga quantidade de consumidores, o desenvolvimento de métodos não custosos e não invasivos de avaliação é ainda um grande desafio para a ciência da carne. Ademais, o estudo de fenômenos de multivariáveis requer expertise na aquisição e tratamento de dados usando uma abordagem de e-Science. Comparada com a espectroscopia de impedância eletroquímica, é observada uma lacuna na investigação da carne e de carcaças usando tal técnica. Neste contexto, o presente trabalho visa desenvolver e investigar uma configuração experimental, e suas etapas, com a aplicação da técnica de espectroscopia de impedância em amostras de carne juntamente com o suporte de *Data Science*.

PALAVRAS-CHAVE: Diagrama de *Nyquist*; espectroscopia de impedância; parâmetros de avaliação de qualidade da carne; propriedades elétricas e dielétricas da carne.

INTRODUÇÃO

Dentre as muitas propriedades físicas da matéria, suas propriedades elétricas são estritamente importantes tanto do ponto de vista acadêmico, para o entendimento do comportamento fundamental da matéria, quanto do ponto de vista tecnológico, para o desenvolvimento destinado a obtenção e caracterização de novos materiais. O comportamento elétrico global de muitos sistemas químicos ou físicos é muitas vezes ditado por uma série de processos, que às vezes são fortemente acoplados, e que possuem tempos de resposta distintos para qualquer tipo de excitação sofrida pelo sistema. Quando se depara com tais sistemas, uma das ferramentas mais eficazes para a identificação destes processos é a técnica de espectroscopia de impedância (GIROTTI et al., 2002).

A espectroscopia de impedância (EI) é uma técnica que permite analisar propriedades elétricas de materiais e sistemas através da aplicação de sinais elétricos alternados em diferentes frequências, seguido das medidas dos sinais de resposta (ZHAO et al., 2017). 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. Logo, uma amostra heterogênea pode responder de formas diversas dentro de um espectro de frequências e as contribuições de impedância podem ser analisadas separadamente. Neste cenário, o referente trabalho visa aplicar a técnica de EI em pedaços de carne, e, posteriormente correlacionar as respostas obtidas com características intrínsecas a avaliação da qualidade da carne.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A técnica de EI foi originalmente aplicada a sistemas eletroquímicos devido a sua habilidade de separar interfaces e diferentes componentes de uma determinada amostra baseado em propriedades

capacitivas, indutivas e dielétricas (ALTMANN et al., 2004), no entanto, o misto das mesmas caracteriza a impedância, que é o parâmetro elétrico composto por contribuições ôhmicas e reatâncias. De acordo com (DAMEZ; CLERJON, 2013), as propriedades elétricas e dielétricas da carne são fortemente dependentes do estado das membranas celulares, composição molecular, presença de íons, portadores de carga em proteínas e variações de pH, e estas características por sua vez são capazes de constituir um diagrama complexo de impedâncias em função do espectro de frequências, conhecido na literatura como Diagrama de *Nyquist*.

Através do Diagrama de *Nyquist*, é possível investigar diferentes circuitos equivalentes aos espectros combinando capacitores e resistores que melhor descrevem a resposta, permitindo por sua vez, correlacionar os parâmetros dos circuitos equivalentes obtidos com parâmetros associados a avaliação da qualidade da carne. Em (DAMEZ et al., 2007) é apresentado o modelo mais clássico e comum circuito presente na literatura: O modelo de *Fricke*. Conforme (DAMEZ et al., 2007), os elementos R_s , R_p e C_s , micro estruturalmente, são associados com o FIC (Fluido Intracelular), FEC (Fluido Extracelular) e membrana celular da carne, respectivamente. Embora em grande parte da literatura seja tratado o modelo de *Fricke*, outros modelos também estão presentes neste trabalho. Tais modelos são o de *Fricke* Modificado, descrito em (ZHAO et al., 2017), e os propostos por (LU et al., 2015; ZHANG; STOUT; WILLISON, 1990).

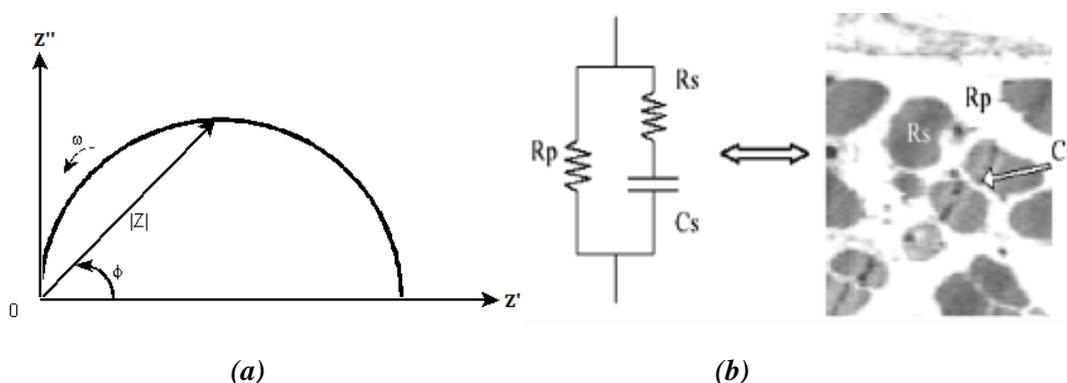


FIGURA 1. (a) Diagrama de *Nyquist*; (b) Modelo elétrico de *Fricke*, onde R_s representa o FIC, R_p o FEC e C_s a membrana celular.

Fonte: DAMEZ et al., 2007

METODOLOGIA

Foram utilizadas amostras de cortes de seis tipos de carne: acém, coxão duro, coxão mole, paleta, patinho e peito de bovino. A figura 2 apresenta uma visão geral da configuração experimental utilizada para aplicação da técnica de espectroscopia de impedância nas amostras de carnes. Os itens i-iv explicitam os principais parâmetros controlados ao longo do experimento. Embora as medidas de impedância possam ser realizadas com potenciostatos ou equipamentos capazes de gerar sinais de tensão alternada com a subsequente coleta de dados, o impedancímetro (i) foi o equipamento mais apropriado para a realização deste estudo no âmbito científico, visto que ele é capaz de realizar as medidas de forma automatizada cobrindo todo o espectro proposto para que o maior número de fenômenos possa ser investigado.

As principais características correlatas a tensão elétrica aplicada, item (iii) da figura 2, são a frequência e amplitude. Em relação ao item (ii) da ilustração, verificou-se experimentalmente que os eletrodos apresentavam ruídos significativos nas medições, desta forma, aferiu-se as amostras de carne (iv) utilizando pontas de prova banana/jacaré. A distância relativa, posição e profundidade das pontas de prova são variáveis que foram sistematicamente investigadas. Tal metodologia permitiu que concomitante a investigação de propriedades elétricas das amostras, também fosse realizado o mapeamento espacial das mesmas.

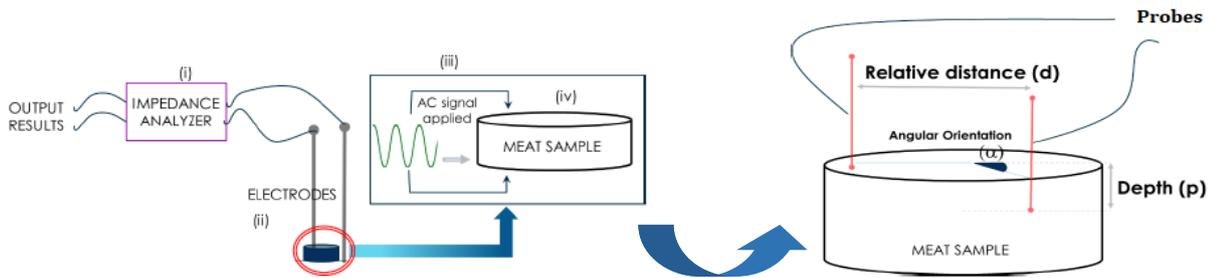


FIGURA 2. Configuração experimental para realização das medidas de impedância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 3 apresenta os diagramas desenvolvidos após a aplicação da técnica de EI nos seis tipos de carnes estudadas. Conforme enunciado, o impedancímetro foi o instrumento utilizado nas medições. Em suas configurações, definiu-se um espectro de frequência de 5Hz a 13MHz, e um sinal alternado com 0,5V de pico.

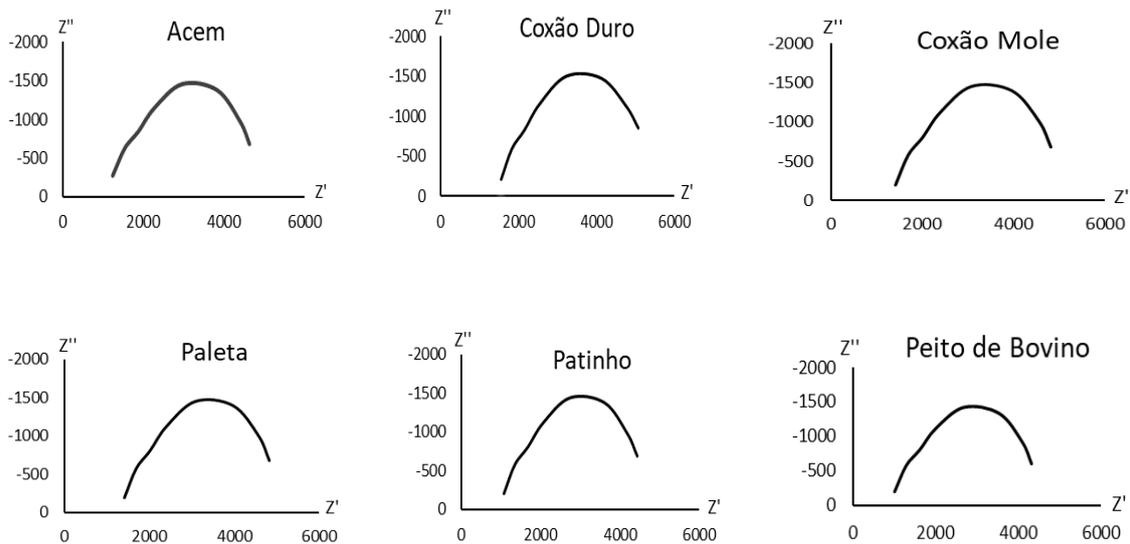


FIGURA 3. Diagrama representativo das respostas adquiridas das carnes.

Analisando os diagramas, evidencia-se que todas as curvas formam uma semicircunferência, em consonância com a literatura. Ademais, verifica-se que embora o espectro configurado tenha sido elevado, os comportamentos de todas as carnes ficaram dentro de um intervalo de 1000 a 5000 Hz, aproximadamente. Com base nas respostas dos diagramas e nos modelos dos circuitos descritos em (LU et al., 2015; YANG et al., 2013; ZHANG; STOUT; WILLISON, 1990; ZHAO et al., 2017), estimou-se os parâmetros elétricos através do *Software ZView*, que foi desenvolvido para apuração e análise dos dados gerados pelo instrumento utilizado. A figura 4 apresenta os valores estimados dos componentes elétricos presentes em cada um dos circuitos estudados, para cada amostra de carne.

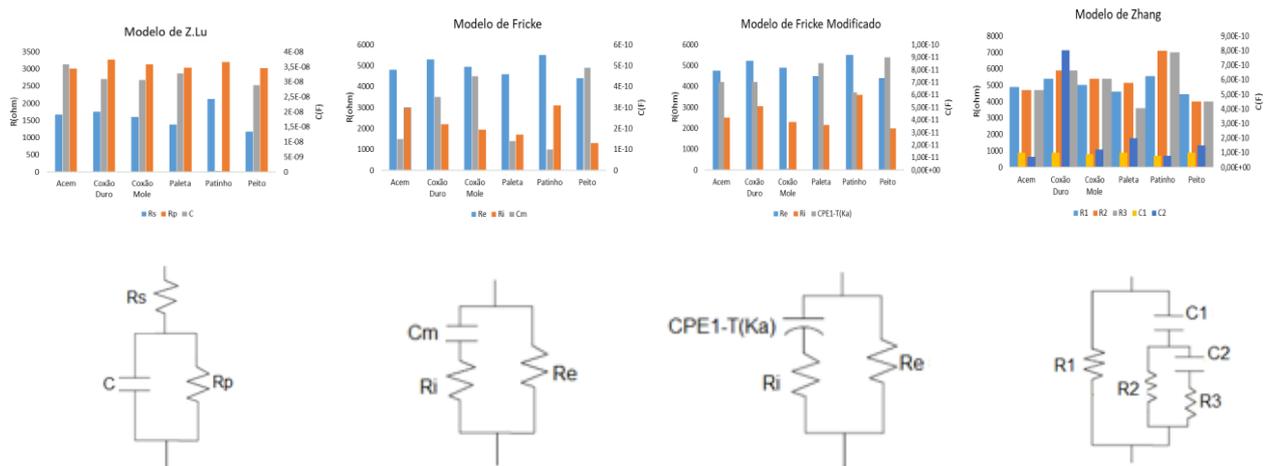


FIGURA 4. Valores estimados dos componentes elétricos presentes em cada um dos circuitos estudados, para cada amostra de carne.

De acordo com os resultados obtidos, observa-se que o patinho foi o tipo de carne que apresentou maior valor de resistência e menor de capacitância. Tal comportamento pode estar atrelado ao tipo de corte e a quantidade de gordura. Ademais, verificou-se que o modelo proposto por *Zhang* foi o que representou de forma mais fidedigna a resposta da carne. Por haver mais componentes elétricos, foi possível emular sua resposta de maneira mais próxima da real.

CONCLUSÕES

Visando desenvolver e investigar uma configuração experimental e suas etapas com a utilização da técnica de EI aplicada a tecidos biológicos, foi possível configurar um procedimento experimental para a realização das análises de EI, juntamente com um procedimento para tratamento de dados, e, por fim concatenar as respostas dos espectros com componentes elétricos através de circuitos equivalentes. Dessa forma, o restante do estudo consiste em criar mapas e diagramas de correlações entre parâmetros de avaliação da carne, com os parâmetros elétricos extraídos por meio da técnica de EI.

REFERÊNCIAS

- ALTMANN, M. et al. Prediction of lamb carcass composition by impedance spectroscopy. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 3, p. 816–825, 2004.
- DAMEZ, J. L. et al. 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. Quantifying and predicting meat and meat products quality attributes using electromagnetic waves: An overview. **Meat Science**, v. 95, n. 4, p. 879–896, 2013.
- GIROTTI, E. M. et al. *Divulgação*. v. 25, n. 4, p. 639–647, 2002.
- LU, Z. et al. A Point of Care Electrochemical Impedance Spectroscopy Device. n. 5 mV, p. 240–244, 2015.
- YANG, Y. 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.
- ZHANG, M. I. N.; STOUT, D. G.; WILLISON, J. H. M. Electrical Impedance Analysis in Plant Tissues: Symplasmic Resistance and Membrane Capacitance in the Hayden Model. **Journal of Experimental Botany**, v. 41, n. 3, p. 371–380, 1990.
- ZHAO, X. et al. Electrical impedance spectroscopy for quality assessment of meat and fish: A review on basic principles measurement methods, and recent advances. **Journal of Food Quality**, v. 2017, 2017.