



Fundação Universidade Federal do ABC

Pró reitoria de pesquisa

Av. dos Estados, 5001, Santa Terezinha, Santo André/SP, CEP 09210-580

Bloco L, 3ºAndar, Fone (11) 3356-7617

iniciacao@ufabc.edu.br

Projeto de Iniciação Científica submetido  
para avaliação no Edital: (Colocar número  
do edital)

**Título do projeto:** Estudo da bioimpedância de tecido muscular esquelético com atrofia severa utilizando os modelos de cole-impedância

**Palavras-chave do projeto:** modelo cole-impedância, atrofia muscular, bioimpedância

**Área do conhecimento do projeto:** biomédica

## Sumário

1 Resumo	2
2 Introdução e Justificativa	2
3 Objetivos	2
4 Metodologia	3
5 Viabilidade (Opcional)	3
6 Cronograma de atividades	4
Referências	4

## 1 Resumo

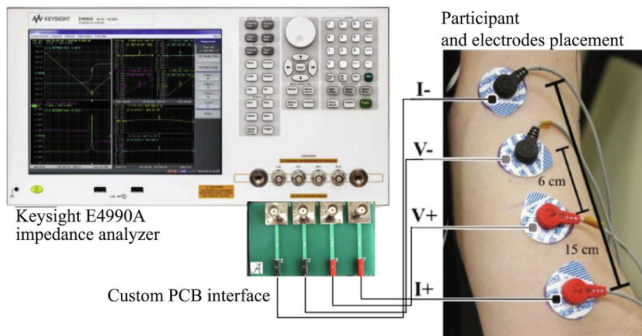
Indivíduos que sofrem de atrofia muscular severa enfrentam diversos obstáculos em vários ambientes por causa de suas limitações. Este projeto procura criar modelos que permitam prever como seriam leituras de bioimpedância muscular em indivíduos com tais condições. Cada modelo irá relacionar bioimpedância com uma característica do tecido muscular esquelético, como geometria, exercício e quantidade de fibras. Os modelos serão baseados em dados obtidos por diversos artigos que relacionam bioimpedância a diferentes características do tecido muscular esquelético.

## 2 Introdução e Justificativa

Atrofia muscular é um problema que afeta diversos indivíduos e é um sintoma conhecido de muitas doenças, síndromes e outras condições patológicas. Indivíduos que sofrem de atrofia muscular consequentemente enfrentam diversas dificuldades tanto no dia-a-dia quanto em ambientes clínicos, visto que a sua condição pode limitar seus movimentos, respiração e também a gama de exames que podem ser realizados em alguém com tais condições. Portanto, é necessário buscar mais alternativas de métodos que possam ser utilizados em indivíduos que sofrem de atrofia muscular severa. Um dos diversos métodos de medição que podem ser realizados em indivíduos com atrofia muscular é o da medição de

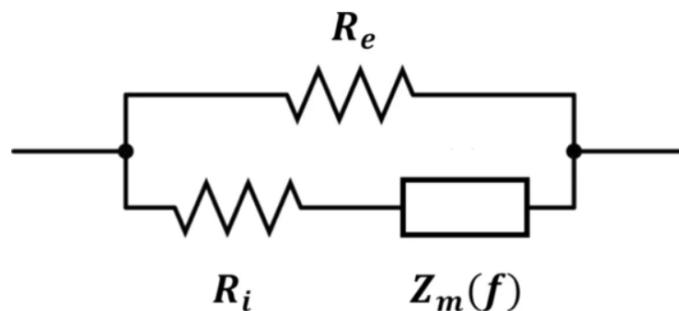
bioimpedância. Ou seja, a impedância elétrica de tecidos biológicos. Este método é simples de ser aplicado em qualquer paciente, pois é não-invasivo e necessita apenas da aplicação de eletrodos na superfície dermal do indivíduo(Fig. 1).

*Fig. 1: exemplo de sistema de medição de bioimpedância*



O modelo Cole-impedância é um modelo de medição de bioimpedância muito utilizado para medir a impedância de diversos tecidos diferentes do corpo humano, incluindo o tecido muscular esquelético. A metodologia para a aplicação deste modelo envolve considerar o tecido estudado como circuito elétrico, com a impedância do tecido sendo calculada via diversos parâmetros deste circuito, como resistência elétrica de fluido extracelular( $R_e$ ), resistência elétrica de fluido intracelular( $R_i$ ) e impedância da membrana celular( $Z_m(f)$ )(Fig. 2), dada em função de fatores como frequência do sinal emitido e resistência elétrica em diferentes frequências.

*Fig. 2: Circuito equivalente a tecido biológico segundo o modelo Cole-impedância*

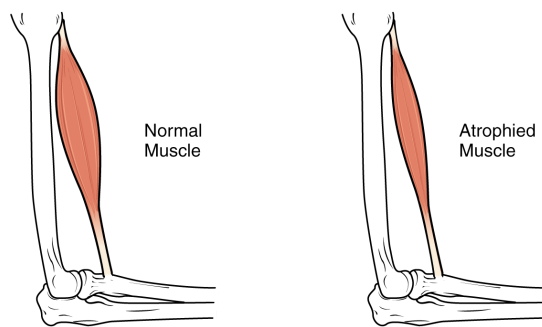


Tendo em mente que a impedância do tecido muscular esquelético muda de acordo com diversos fatores incluindo a geometria da região estudada, e que os músculos mudam a sua geometria quando contraem ou relaxam, pode-se deduzir que há a possibilidade de utilizar a medição de bioimpedância pelo modelo Cole como um método de obtenção de sinal de atividade muscular. Este projeto se baseia nos dados coletados por 3 artigos diferentes. Cada

um deles explora a relação entre bioimpedância e diferentes características do tecido muscular esquelético. São elas: geometria do tecido (Freeborn, 2021. Bartok, 2004), exercício feito pelo tecido (Freeborn, 2020. Freeborn, 2018), e finalmente quantidade/qualidade de fibras do tecido (Sato, 2020). Todas essas características diferem bastante entre músculos saudáveis e músculos atrofiados (Fig. 3).

Este projeto irá realizar a construção de um modelo relacionando bioimpedância aos fatores já citados, e então analisar como a impedância de tecido muscular atrofiado se comporta de acordo com o modelo. A possibilidade de utilizar este modelo para essa aplicação específica em indivíduos com atrofia muscular abre portas para diversos outros tipos de aplicação, em especial sua utilização em exames e também como método de controle para sistemas de auxílio a indivíduos com deficiência.

*Fig. 3: diferenças entre um músculo saudável e um músculo atrofiado*



### 3 Objetivos

O principal objetivo deste projeto é realizar uma análise do modelo Cole-impedância, relacionando bioimpedância com 3 fatores diferentes: geometria do tecido muscular; quantidade de exercício; quantidade/qualidade de fibras musculares. Todos estes 3 fatores são notoriamente diferentes entre indivíduos com musculatura saudável e indivíduos com musculatura atrofiada: o tecido muscular atrofiado tem menor quantidade de fibras, e portanto sua geometria será diferente da geometria de um músculo saudável. Adicionalmente, indivíduos que sofrem dessa condição provavelmente não realizam quantidades normais de esforço físico, e portanto a bioimpedância de seus músculos pode ser diferente da bioimpedância de um músculo saudável.

## 4 Metodologia

A realização do projeto consiste de 3 etapas: obtenção e análise dos dados, construção do modelo, extrapolação dos dados. Este processo será feito com cada um dos 3 artigos referenciados.

### **ETAPA 1: obtenção e análise de dados**

Nesta etapa, os dados obtidos e analisados por cada artigo serão computados e transferidos para um meio onde possam ser aplicados em um modelo (como uma planilha, por exemplo)

### **ETAPA 2: Construção e verificação de modelos**

Baseado nos dados, cálculos e resultados finais obtidos por cada artigo, serão construídos, via python, modelos numéricos gerais relacionando bioimpedância e os fatores que cada artigo analisa. Após a construção de cada modelo, os dados obtidos por cada artigo serão implementados em seus respectivos modelos, de forma a verificar a precisão dos modelos e realizar alterações caso necessário.

### **ETAPA 3: Extrapolação e validação de dados**

Com o modelo pronto, a última etapa é realizar uma extrapolação em cada modelo, de forma a avaliar como um indivíduo com atrofia muscular se encaixa nele.

### **ETAPA 4: Divulgação**

Escrita do relatório final e divulgação dos resultados obtidos

## 5 Viabilidade

Como este projeto se resume à construção de modelos baseados em dados já disponíveis, nenhum tipo de experimento prático será necessário. Todo software utilizado será gratuito e portanto, não será necessário haver custos monetários para a realização deste projeto.

## 6 Cronograma de atividades

1. Etapa 1: obtenção e análise dos dados
  - a. Etapa 1.a: revisão bibliográfica dos artigos analisados
  - b. Etapa 1.b: classificação dos dados obtidos
  - c. Etapa 1.c: construção de base de dados em formato aplicável
2. Etapa 2: construção e verificação de modelos
  - a. Etapa 2.a: revisão bibliográfica dos artigos analisados
  - b. Etapa 2.b: análise dos modelos
  - c. Etapa 2.c: implementação e verificação dos modelos
3. Etapa 3: extrapolação de dados
  - a. Etapa 3.a: revisão bibliográfica sobre atrofia muscular
  - b. Etapa 3.b: aplicação de modelos em tecido atrofiado
  - c. Etapa 3.c: validação dos modelos
4. Etapa 4: divulgação
  - a. Etapa 4.a: relatório final e simpósio
  - b. Etapa 4.b: divulgação em congresso

Tabela 1 – Exemplo de cronograma de atividades previstas

Etapa	Mês											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
1.a.	X	X										
1.b.		X	X									
1.c.		X	X	X	X							
2.a.				X	X	X						
2.b.						X	X					
2.c.						X	X	X				
3.a.									X	X		
3.b.								X		X	X	
3.c.										X	X	X
4.a									X	X	X	X
4.b							X	X	X	X	X	X

## Referências

Sato, H., Nakamura, T., Kusuvara, T. *et al.*; Effectiveness of impedance parameters for muscle quality evaluation in healthy men. *J Physiol Sci*, 70, p. 53 (2020).

Freeborn, Todd J., and Shelby Critcher; Cole-Impedance Model Representations of Right-Side Segmental Arm, Leg, and Full-Body Bioimpedances of Healthy Adults: Comparison of Fractional-Order. *Fractal and Fractional*, no. 1, p. 13, 2021

Fu, Bo. Freeborn, Todd J.; Cole-impedance parameters representing biceps tissue bioimpedance in healthy adults and their alterations following eccentric exercise, *Journal of Advanced research*, Volume 25, P. 285-293, 2020.

Freeborn, Todd J. and Fu, Bo. Fatigue-Induced Cole Electrical Impedance Model Changes of Biceps Tissue Bioimpedance, *Fractal and Fractional*, no. 4, p. 27, 2018.

Cynthia Bartok and Dale A. Schoeller. Estimation of segmental muscle volume by bioelectrical impedance spectroscopy, *Journal of Applied Physiology*, no. 96, p. 161, 2004

