

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho



Avaliação das impedâncias em pontos de acupuntura

Supervisora: Prof^ª. Dr^ª. Cláudia Helena Pellizzon

Orientador: Prof. Dr. Stélio Pacca Loureiro Luna

Discente : Zhu Yiyun

Monografia apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade Estadual
Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus
de Botucatu, para obtenção do título de
Bacharel em Física Médica.

Botucatu-SP

2008

Avaliação das impedâncias em pontos de acupuntura

Supervisora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Helena Pellizzon

Orientador: Prof. Dr. Stélio Pacca Loureiro Luna

Discente: Zhu Yiyun

Monografia apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus de Botucatu, para obtenção do título de Bacharel em Física Médica.

Botucatu-SP

2008

FICHA CATALOGRAFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: SELMA MARIA DE JESUS

Yiyun, Zhu.

Avaliação das impedâncias em pontos de acupuntura / Zhu Yiyun. -
Botucatu [s.n], 2008.

Trabalho de conclusão (bacharelado – Física médica) – Universidade
Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 2008

Orientador: Stélio Pacca Loureiro Luna

1. Física médica 2. Impedância - (Eletricidade) 3. Acupuntura

Palavras-chave: Corrente elétrica biológica; Eletro-acupuntura; Impedâncias
elétricas; Meridianos; Pontos de acupuntura; Resistências

Agradecimento

Agradeço a Deus, a tua compaixão e a tua luz.

Agradeço aos professores e funcionários do Instituto de Biociências, Faculdade de Medicina e Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu.

“ Os princípios que guiam a atual ciência humana confinam sua investigação e seu desenvolvimento a este mundo físico porque um assunto não será estudado até que seja admitida a sua existência – é assim que a ciência procede. Aqueles fenômenos que são intangíveis e invisíveis, mas que existem objetivamente e são refletidos no nosso mundo físico, como manifestações reais, são evitados e tratados como fenômenos inexplicáveis. Pessoas teimosas simplesmente insistem, sem fundamentos, que aqueles são apenas fenômenos “naturais”. Pessoas com segundas intenções têm agido contra suas próprias consciências ao rotularem todos esses fenômenos como superstições. Aquelas que são indiferentes mantêm distância desses assuntos com a desculpa de que a ciência não está suficientemente avançada para lidar com eles. Se a humanidade for capaz de lançar um novo olhar sobre si mesma e sobre o universo e de transformar sua mentalidade rígida, ela dará um grande salto à frente. O Fa¹ Buda² permite que pessoas compreendam claramente mundos imensuráveis e ilimitados. Através do tempo, somente o Fa Buda tem sido capaz de explicar perfeitamente o ser humano, as diferentes dimensões materiais, a vida e todo o universo.”

Mestre Li Hongzhi



¹ Fa (fǎ) – 1. os princípios e leis universais; 2. o caminho do universo; 3. a natureza do universo.

² Buda – 1. ser iluminado; 2. aquele que se tornou iluminado através do cultivo.

法輪大法好！真、善、忍 好！

Resumo

Avaliou-se em cães as impedâncias em pontos de acupuntura e em pontos falsos onde foram testados os conceitos físicos e a lei de Ohm. Para tal utilizou-se um circuito elétrico para determinar a impedância. Este circuito foi utilizado nos três experimentos em cães sob anestesia com agulhas inseridas em pontos de acupuntura selecionados. Nos dois primeiros experimentos foi aplicada no circuito uma tensão alternada com a frequência de 200Hz e, no último experimento, a frequência foi aumentada para 10kHz. Mediram-se para todos os experimentos as tensões e as correntes elétricas entre cada par dos pontos. Com os valores obtidos nos experimentos foram calculados as impedâncias. A análise dos valores de impedâncias mostrou que há uma relação coerente entre os resultados e as frequências aplicadas no circuito, entretanto apenas na condição de alta frequência é possível a mensuração correta da impedância total. Desta forma está de acordo com a teoria de que as impedâncias nos pontos de acupunturas são mais baixas do que as impedâncias nos pontos falsos.

Palavras-chave: impedância elétrica; resistência elétrica; meridianos; pontos de acupuntura; eletroacupuntura; corrente elétrica biológica

Abstract

An experimental study in dogs was accomplished to evaluate impedances at the acupuncture points and the relative false points. According to the physics concepts and the Ohm' Law, an electrical circuit was set up to determine the impedance. This circuit was introduced into three experiments in anesthetized dogs with needles at selected points. In the first two experiments, was applied an alternating tension with 200Hz frequency in the circuit and, in the last experiment, the frequency was increased to 10kHz, the tensions and electrical currents were measured between every pair of points for the all experiments. The impedances were calculated with the values obtained by experiments. The analysis of impedance values indicated that there is a coherent relation between the results and the applied frequencies in circuit, so just at high frequency condition admits the correct measurement of total impedance, therefore the last experiment gave the result which agreed with the theory, that the impedances at acupuncture points are lower than the impedances at false points.

Keywords: electrical impedance; electrical resistance; meridians; acupuncture points; electro acupuncture; biological electrical current

Lista de abreviaturas

I = intensidade da corrente elétrica

I_{rms} = valor médio quadrático, ou rms(root mean square), da corrente

V = tensão elétrica

V_p = tensão de pico

V_{ef} = tensão eficaz

V_{rms} = valor médio quadrático, ou rms(root mean square), da tensão

ω = frequência angular

C = capacitância

Q = carga elétrica

R = resistência

X_c = reatância capacitiva

Z = impedância

Z_c = impedância capacitiva

Sumário

Resumo

Abstract

Lista de abreviaturas

1. Introdução	1
1.1 A descoberta de Ryodoraku.....	3
1.2 A corrente elétrica biológica.....	4
2. Revisão da literatura.....	6
2.1 Tensão alternada.....	6
2.2 Corrente alternada	8
2.3 Capacitor em corrente alternada	8
2.4 Impedância elétrica	9
3. Objetivo	11
4. Materiais	11
5. Procedimento experimental	12
6. Resultado e Discussão	19
7. Conclusão.....	28
8. Referências.....	29

1. Introdução

Estudos atuais sobre a presença de meridianos de acupuntura têm sido desenvolvidos, abrindo os novos caminhos no sentido de aperfeiçoar a explicação científica nesta área.

Os pontos de acupuntura estão localizados em linhas condutoras de energia denominadas de “meridianos”. De acordo com opiniões tradicionais existem 12 meridianos principais, 12 meridianos secundários e 8 meridianos especiais [3]. Entretanto não é possível detectar os meridianos pelo método da dissecação anatômica.

Apesar de desses meridianos não apresentarem forma física e nem serem visíveis a olho nu, há relatos das sensações que indicam as suas existências. Em pesquisas realizadas por cientistas chineses, observou-se que 1% dos humanos são sensíveis aos meridianos. Entre os terminais dos 12 meridianos nos dedos das mãos e dos pés, aplica-se um pequeno corrente. A partir daí com leves toques na superfície do corpo pode-se encontrar os 12 meridianos separados das outras regiões corporais, os quais representam uma sensação especial, que são chamados “meridianos escondidos”. Da maneira análoga, pode –se encontrar mais dois meridianos. No total há 14 meridianos escondidos no corpo humano. As posições desses meridianos são quase idênticas para todas as pessoas e não mudam com o tempo e coincidem com as posições dos meridianos clássicos. [13]

A existência dos meridianos foi consolidada experimentalmente na China, onde a *Chinese Academy of Sciences* planejou um sistema dos aparelhos de alta sensibilidade na detecção dos fótons, observando-se que os meridianos são capazes de brilhar. Os fótons emitidos por eles são 2,5 vezes maiores do que as regiões sem meridianos. Os meridianos apresentam ainda uma baixa resistência elétrica em relação às estruturas subjacentes [14], e possuem maior condução sonora. [13]

A mensuração de impedâncias ou resistências nos pontos de acupuntura promove a análise clínica no estado de saúde [6], porque uma variação de resistências pode refletir uma alteração fisiológica e patológica dos órgãos nos meridianos correspondentes, o que permite fazer prevenção ou diagnóstico das doenças. Os experimentos clínicos mostraram que, pacientes idosos com doença grave e sistema imunológico fraco apresentam uma resistência muito alta nos meridianos; as doenças de órgãos também correspondem a altas resistências; para pessoas com trauma da medula espinhal, os meridianos são totalmente obstruídos nas regiões abaixo do trauma; mas nas pessoas sadias e nas crianças a resistência é relativamente baixa [11].

Pela lei de Ohm, a variação de impedância ou resistência é inversamente proporcional a corrente elétrica biológica, pois quanto menor a corrente que atravessa no meridiano, maior é a resistência [14], logo a quebra do equilíbrio na distribuição da corrente elétrica biológica influencia diretamente os valores de resistência nos meridianos. Explorando as atividades elétricas biológicas, como o proveito da variação da tensão ou corrente elétrica biológicas nos diagnósticos por eletrocardiograma e eletroencefalograma, a eletroacupuntura pelo seu uso prático e rápido também foi bastante utilizada pelos médicos e acupunturistas.

Na eletroacupuntura utiliza-se um aparelho que produz uma pequena corrente elétrica semelhante à corrente elétrica biológica [12] e esta corrente é aplicada em agulhas inseridas nos pontos de acupuntura. A união da estimulação elétrica e da agulha aumenta sua eficiência em tratamento para certas doenças. Em geral, a eletroacupuntura é mais indicada para doenças crônicas, paralisia e para induzir hipotalgesia [7]. Há também alguns aparelhos que podem efetuar os estímulos diretamente sobre os pontos sem a necessidade de introdução de agulhas. Esta técnica é especialmente efetiva para tratar músculos tensos e zonas doloridas à pressão, pois com ela os músculos tensos se relaxam gradualmente [8].

As baixas impedâncias ou resistências nos meridianos destacaram a existência dos meridianos mencionados pela medicina tradicional chinesa. Esta propriedade indica a maior eletrocondutividade dos meridianos e a maior intensidade da corrente elétrica percorrendo nos mesmos. De acordo com os recentes resultados dos experimentos realizados pela *Fudan University* observou-se que, a concentração dos íons de cálcio nos meridianos chega a ser acima de dez vezes maior do que a concentração nas outras regiões [10]. Além disso, parece que os meridianos podem contêm muitas outras informações que ainda não são conhecidas, portanto, há vários experimentos sendo realizados em busca das razões e respostas das ciências na vida e da procura de uma chave para desvendar os mistérios desta medicina milenar chinesa.

1.1 A descoberta de Ryodoraku

Em 1950, o Dr. Yoshio Nakatani, da *Kyoto University* do Japão, apresentou a teoria de acupuntura ryodoraku. Após efetuar medições da resistência elétrica da pele, com um aparelho de 12 Volts de corrente contínua descobriu uma série de pontos de baixa resistência elétrica ou alta eletrocondutividade percorrendo o corpo longitudinalmente. A partir da união destes pontos, foram traçados os meridianos de acupuntura. Estas linhas (ou meridianos) foram denominadas de “Ryodoraku”, o que significa linha de boa eletrocondutividade, e os pontos foram denominados de “Ryodoten”, pontos de boa eletropermeabilidade. Os valores da eletrocondutividade dos pontos Ryodoraku sofrem variações com as estações do ano, com a idade e o sexo do paciente e em cada série de medições [8].

Este autor foi o primeiro acupunturista a utilizar estimulação elétrica nos pontos de acupuntura. Desde então, a estimulação elétrica aplicada nos pontos tornou um modelo amplamente adotado pela maioria dos acupunturistas. [8]

1.2 A corrente elétrica biológica

Os pontos de acupuntura apresentam menor resistência. Desta forma o meridiano é um condutor elétrico sensível com baixa resistência. Na aplicação de acupuntura tradicional, o cada giro da agulha, produz um pulso elétrico físico. No organismo a corrente elétrica é produzida todo tempo, a partir do coração, cérebros, músculos, nervos e outras partes do corpo, e é responsável pelo funcionamento normal do organismo [4] [10]. Esta corrente é denominada de “corrente elétrica biológica” [10].

A circulação sanguínea, o metabolismo, a oxidação e redução e outras séries de processos bioquímicos, produzem a transferência dos elétrons e dos íons, que resultam na ocorrência de diferentes tensões. Como o corpo humano é considerado um grande condutor, a corrente elétrica transita de regiões com alta tensão, para regiões com baixa tensão, irrigando o corpo todo. O sistema meridiano se diferencia do sistema de circulação sanguínea, por se tratar de um sistema de circulação de energia [10]. Durante as atividades vitais no corpo, qualquer alteração fisiológica ou patológica dos órgãos e tecidos, pode gerar uma alteração na corrente elétrica, que resulta em alteração da resistência nos pontos correspondentes no meridiano. Como por exemplo, a doença cardíaca promove uma alteração no gráfico do eletrocardiograma, conseqüentemente altera também a distribuição das correntes elétricas no corpo. Nas pessoas saudáveis, normalmente o movimento e a distribuição da corrente elétrica biológica ficam no estado de equilíbrio, se alguns fatores internos ou externos produzirem doenças, independentemente das regiões afetadas, podem gerar uma perda de equilíbrio na distribuição das correntes elétricas. Este fenômeno pode ser detectado pelos aparelhos eletrônicos: Em geral, as resistências dos meridianos estão em equilíbrios relativos nas pessoas saudáveis. Quando o organismo apresentar excitação ocorre uma diminuição da resistência; e quando debilitado o-

corre um aumento da resistência, pela perda do equilíbrio da corrente elétrica biológica [10].

2. Revisão da literatura

2.1 Tensão alternada

A tensão alternada varia de polaridade e valor ao longo do tempo, apresenta diversas formas de sinais alternados, como senoidal, quadrada, triangular, entre outras. Uma tensão senoidal pode ser representada graficamente em função de tempo (figura 1) [1].

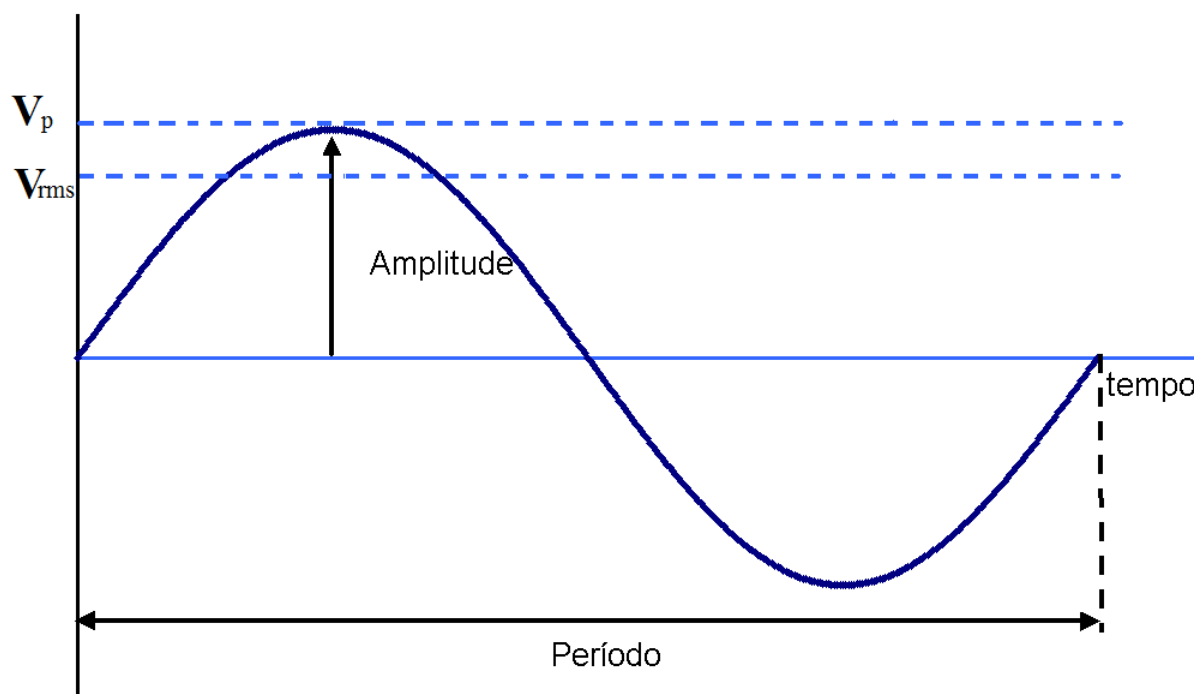


Figura 1 - Gráfico de tensão senoidal em função de tempo.

A amplitude máxima, positiva ou negativa, que a tensão senoidal pode atingir é denominada tensão de pico V_p . [1]

O valor eficaz V_{ef} ou V_{rms} de uma tensão alternada corresponde ao valor de uma tensão contínua que, se aplicada a uma resistência, faria com que ela dissipasse a mesma potência média caso fosse aplicada essa tensão alternada. As medidas de

tensão e corrente alternadas realizadas por multímetros são dadas sempre em valores eficazes [1].

Matematicamente, para uma tensão alternada senoidal, a tensão eficaz V_{rms} pode ser calculada a partir do valor de pico V_p , por meio da seguinte expressão [1].

$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

O tempo que necessita para completar um ciclo é chamado de período (T) e o número de vezes que um ciclo se repete por segundo é chamado de frequência (f), sendo a relação entre eles a seguinte [1]:

$$f = \frac{1}{T}$$

A frequência angular ou velocidade angular (ω) corresponde à variação do ângulo do sinal (θ) em função do tempo [1]. $\theta = \omega \cdot t$

A frequência angular (ω) pode ser calculada por [1]:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad ou \quad \omega = 2\pi \cdot f$$

Os gráficos da tensão senoidal nos domínios temporal e angular podem ser representados, respectivamente, por [1]:

$$V(t) = V_p \cdot \text{sen } \omega t \quad ou \quad V(\theta) = V_p \cdot \text{sen } \theta$$

2.2 Corrente alternada

A corrente alternada, ou CA (em inglês AC - alternating current) varia de polaridade e valor ao longo do tempo. Uma tensão alterada gera uma corrente alterada, cuja forma de onda depende da forma de onda da tensão aplicada [5]. A forma de onda usual em um circuito de potência CA é senoidal por ser a forma de transmissão de energia mais eficiente. Os instrumentos de medição de corrente alternada, normalmente são calibrados para mostra I_{rms} , assim como calcular V_{rms} , da mesma forma, tem-se então [1]:

$$I_{rms} = \frac{I_p}{\sqrt{2}}$$

2.3 Capacitor em corrente alternada

Um capacitor ou condensador é um dispositivo que armazena cargas elétricas. Ele consiste basicamente em duas placas metálicas paralelas, chamadas de armaduras, separadas por um isolante, chamado material dielétrico [1].

A capacitância C é a medida da capacidade do capacitor de armazenar cargas elétricas, isto é, armazenar energia na forma de campo elétrico [1]. A carga elétrica Q e a diferença de potencial V para um capacitor são proporcionais; ou seja [1]:

$$C = \frac{Q}{V}$$

A unidade de medida de capacitância é o Farad (F), e seu valor depende, principalmente, das dimensões do capacitor e do tipo de dielétrico [1].

Reatância capacitiva (X_c) é a resistência oferecida à passagem de corrente alternada por capacitância num circuito [5]. É dada em Ohms e constitui a componente da impedância de um circuito que não é devida à resistência pura.

O valor da reatância capacitiva (X_c) é inversamente proporcional à capacitância C e à frequência f da corrente(ou de sua frequência angular ω), sendo calculado por [1]:

$$X_c = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \quad \text{ou} \quad X_c = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

2.4 Impedância elétrica

Impedância elétrica ou simplesmente Impedância, indica a oposição total que um circuito oferece ao fluxo de uma corrente elétrica variável no tempo. A impedância é expressa em ohms, e designada pelo símbolo Z , com base na Lei de Ohm, é a relação entre o valor eficaz da diferença de potencial (V_{rms}) entre dois pontos de circuito em consideração, e o valor eficaz da corrente (I_{rms}) resultante no circuito [5]. Matematicamente, exprime-se [1]:

$$Z = \frac{V_{rms}}{I_{rms}}$$

Num circuito RC (um circuito contendo resistência e capacitância), a impedância oferecida à passagem da corrente elétrica depende apenas de R e de X_c , esta combinação é denominada impedância capacitiva Z_c [5].

A impedância capacitiva (Z_c) para um circuito RC série (figura 2) é representada pela seguinte expressão [1]:

ou

$$Z_c = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

$$Z_c = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(\omega \cdot C)^2}}$$

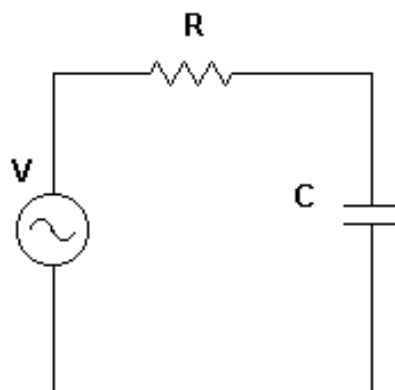
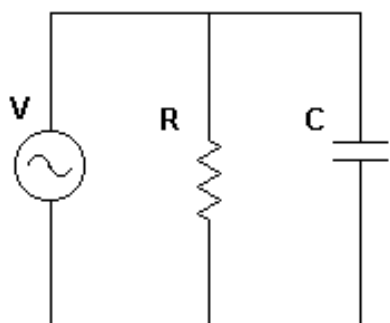


Figura 2- Circuito RC série

No circuito RC paralelo (figura 3), a tensão do gerador é a mesma no resistor e no capacitor, a impedância capacitiva (Z_c) é calculada por [1]:



$$Z_c = \frac{R}{\sqrt{1 + (\omega \cdot C \cdot R)^2}}$$

Figura 3- Circuito RC paralelo

3. Objetivo

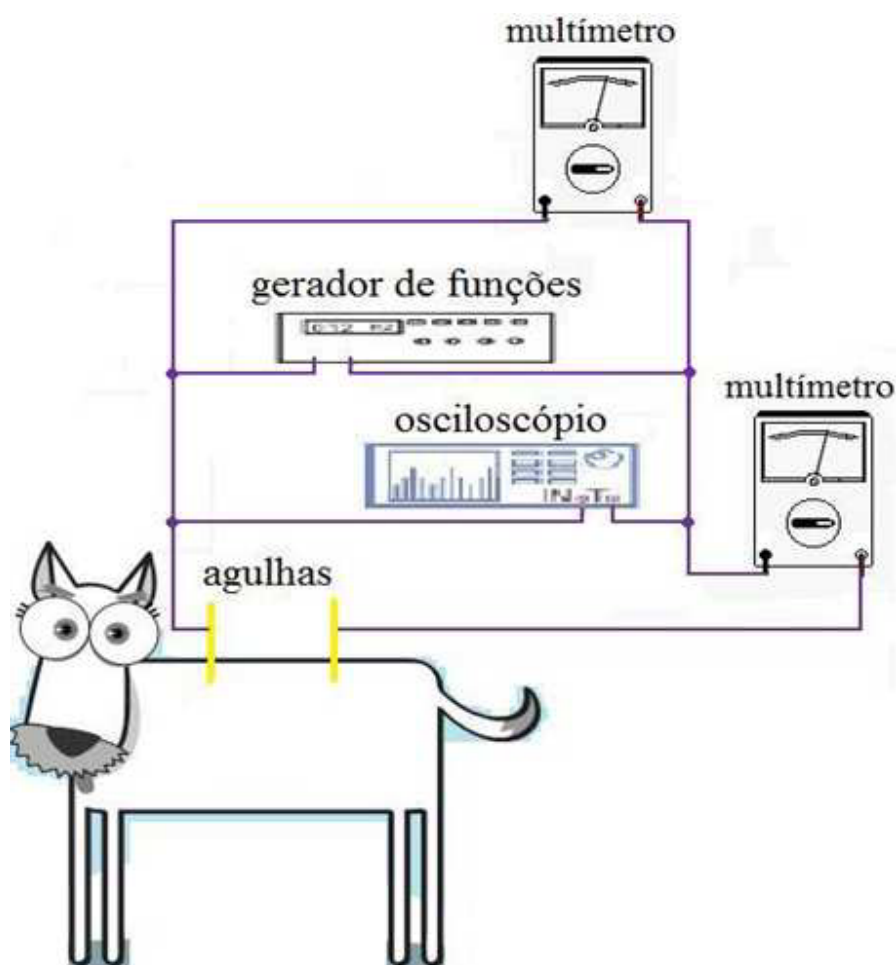
- Medir tensões e correntes elétricas entre cada par de pontos selecionados.
- Avaliar as impedâncias nos pontos de acupuntura e nos pontos falsos, nas diferentes regiões do corpo de cães.
- Comparar e analisar as impedâncias determinadas nos pontos com a base teórica.

4. Materiais

- Osciloscópio Tektronix TDS 210
- Gerador de funções Tektronix CFG 253
- Multímetro Tektronix TX3
- Multímetro Agilente U1251A
- Fios
- Agulhas de acupuntura com comprimento de 7,5cm
- Cães anestesiados com acepromazina, xilazina e cetamina.

5. Procedimento experimental

Foi montado um circuito para medição da tensão e da corrente elétrica em determinados pontos, conforme o esquema abaixo.



Esquema 1- Montagem do circuito de aplicação das agulhas em cães.

O gerador de funções alimentou o circuito com uma tensão alternada senoidal e com uma frequência fixa cujo valor foi regulado para cada experimento. Um multímetro foi colocado em série para medir a corrente elétrica, e o outro multímetro foi colocado em paralelo para medir a tensão. Como a tensão da fonte é alternada, então o valor da tensão medido pelo multímetro é o valor médio quadrático (V_{rms})

[5]. De forma análoga, a corrente medida também é expressa em valor médio quadrático (I_{rms}). O osciloscópio foi utilizado para monitorar o formato da onda durante os experimentos.

✓ Experimento 1:

- Trabalhou-se com uma frequência senoidal de 200Hz pelo gerador de funções.
- Uma cadela de 3 anos, sem raça definida, foi utilizada neste experimento.
- Inseriram-se quatro agulhas em quatro pontos de acupuntura e em quatro pontos falsos. Os pontos de acupuntura utilizados foram B12, B15, B23 e B27. Os pontos falsos foram selecionados ao lado dos pontos de acupuntura e paralelos a estes. (figura 4)



Figura 4 - Cadela anestesiada e submetida a acupuntura nos pontos B12, B15, B23 e B27.

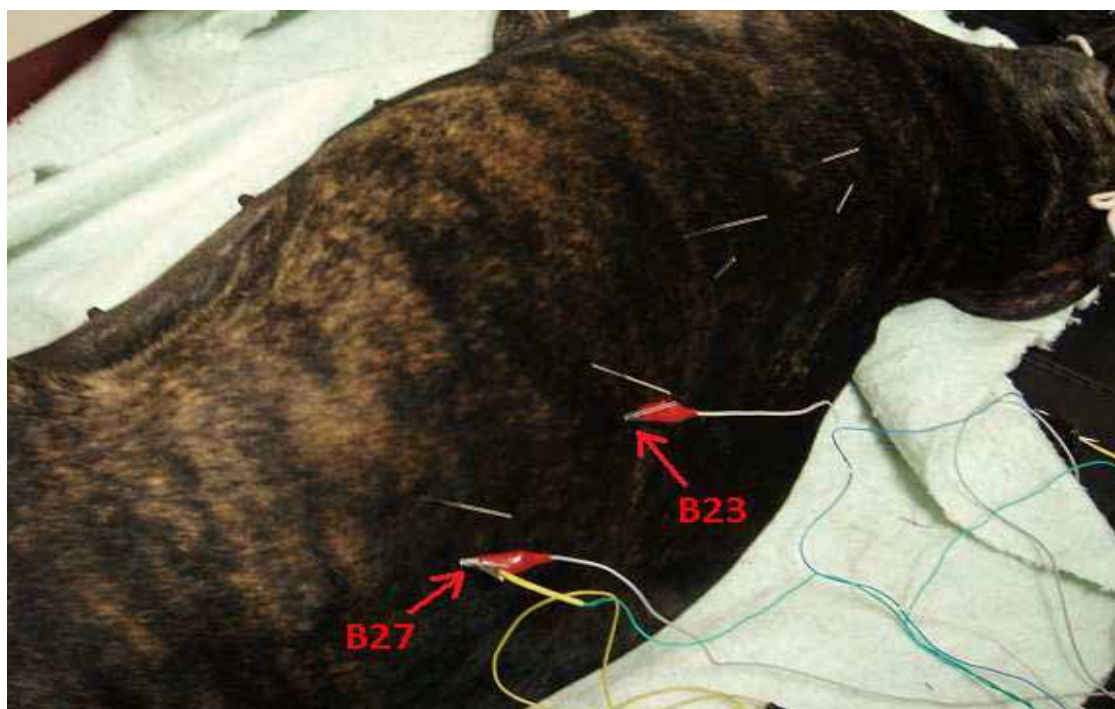


Figura 5- As agulhas nos pontos B23 e B27 estão conectadas com eletrodos do circuito.

- Foram conectadas as agulhas com os eletrodos do circuito nos pontos B12 e B15. Mediram-se a tensão e a corrente entre estes dois pontos. Em seguida, conectaram-se as agulhas no circuito e mediram-se a tensão e a corrente nos pontos falsos.
- Repetiu-se o procedimento do item anterior para os pontos B23 e B27 (figura 5) e os seus pontos falsos relativos.

✓ Experimento 2:

- Trabalhou-se com uma frequência senoidal de 200Hz pelo gerador de funções.
- Utilizou-se uma cadela fêmea de seis meses, sem raça definida.

- Inseriram-se as agulhas em oito pontos de acupuntura e em oito pontos falsos. Os pontos de acupuntura utilizados foram B12, B15, B23, B27, IG11, TA5, E36, B60. Os pontos falsos foram selecionados no lado dos pontos de acupuntura e paralelos a estes.
- Foram conectadas as agulhas com os eletrodos do circuito nos pontos B12 e B15. Foram medidas a tensão e a corrente entre estes dois pontos. Em seguida, nos seus pontos falsos relativos, conectaram-se as agulhas no circuito e mediram-se a tensão e a corrente.
- Repetiu-se o procedimento do item anterior para os pontos B23 e B27, IG11 e TA5 (figura 6), E36 e B60 (figura 7) e os seus pontos falsos relativos.

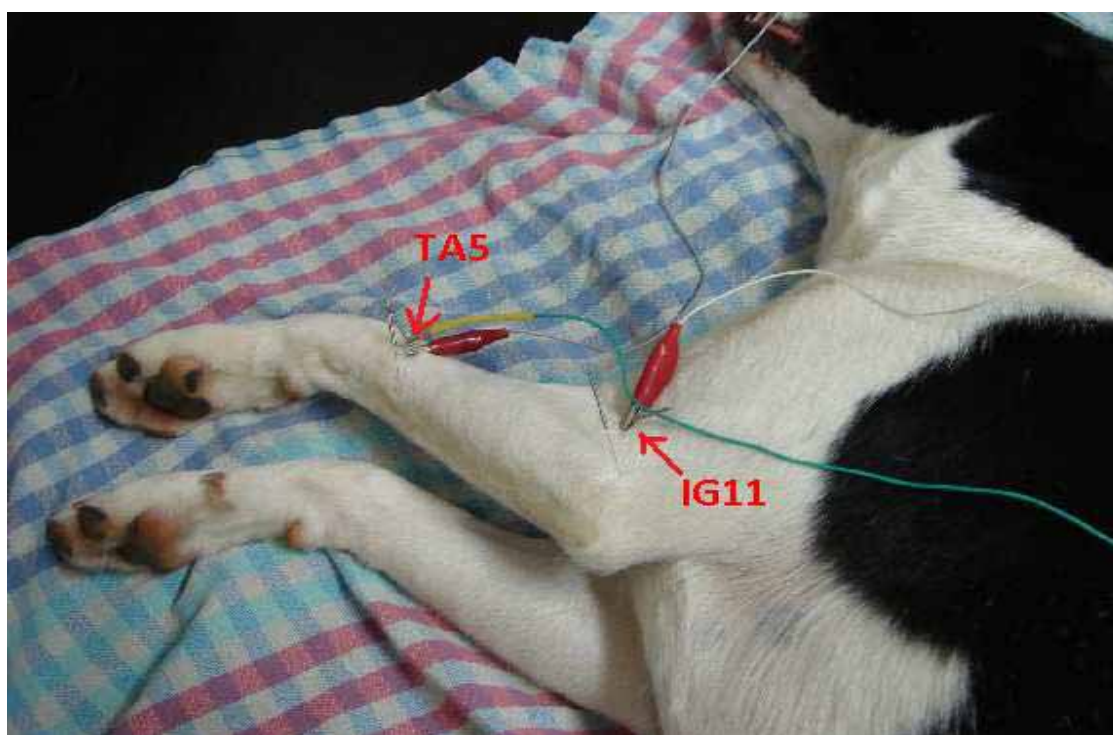


Figura 6 - As agulhas nos pontos TA5 e IG11 estão conectadas com eletrodos do circuito.

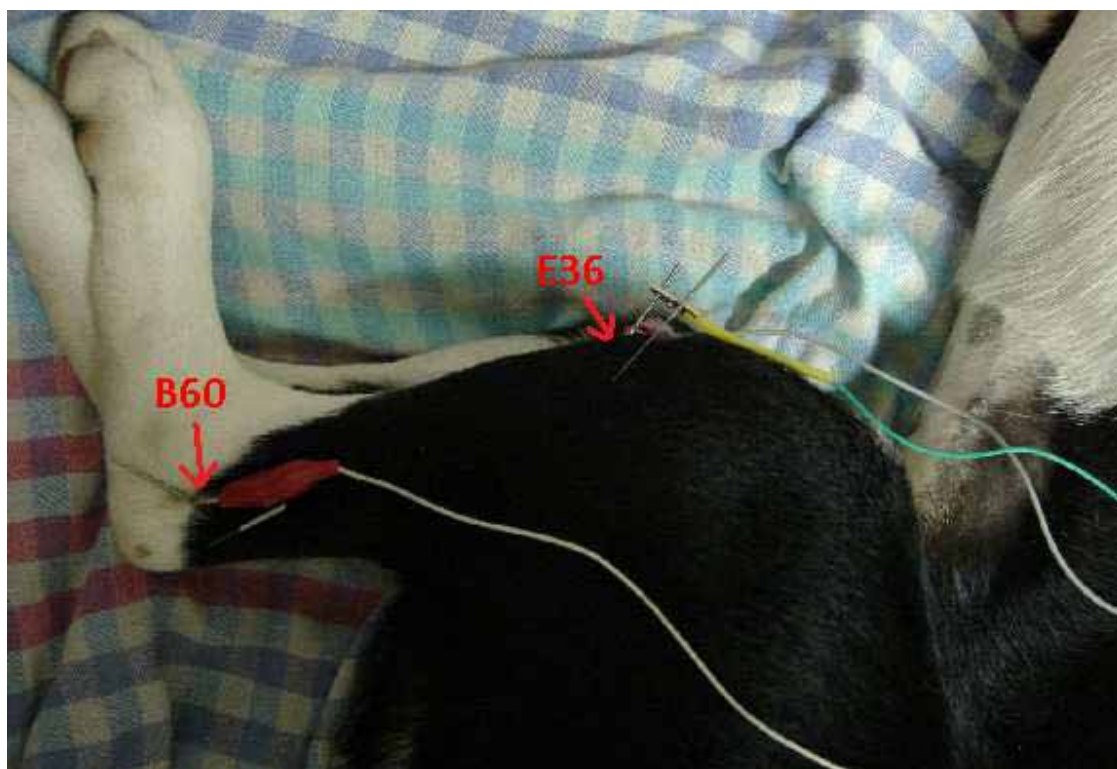


Figura 7- As agulhas nos pontos E36 e B60 estão conectadas com eletrodos do circuito.

✓ Experimento 3:

- Trabalhou-se com uma frequência senoidal de 10kHz pelo gerador de funções.
- Utilizou-se um cão macho de cinco anos, sem raça definida.
- Inseriram-se as agulhas em oito pontos de acupuntura e em oito pontos falsos. Os pontos de acupuntura utilizados foram B12, B15, B23, B27, IG11, TA5, E36, B60. Os pontos falsos foram selecionados no lado dos pontos de acupuntura e paralelos a estes. (figura 8)

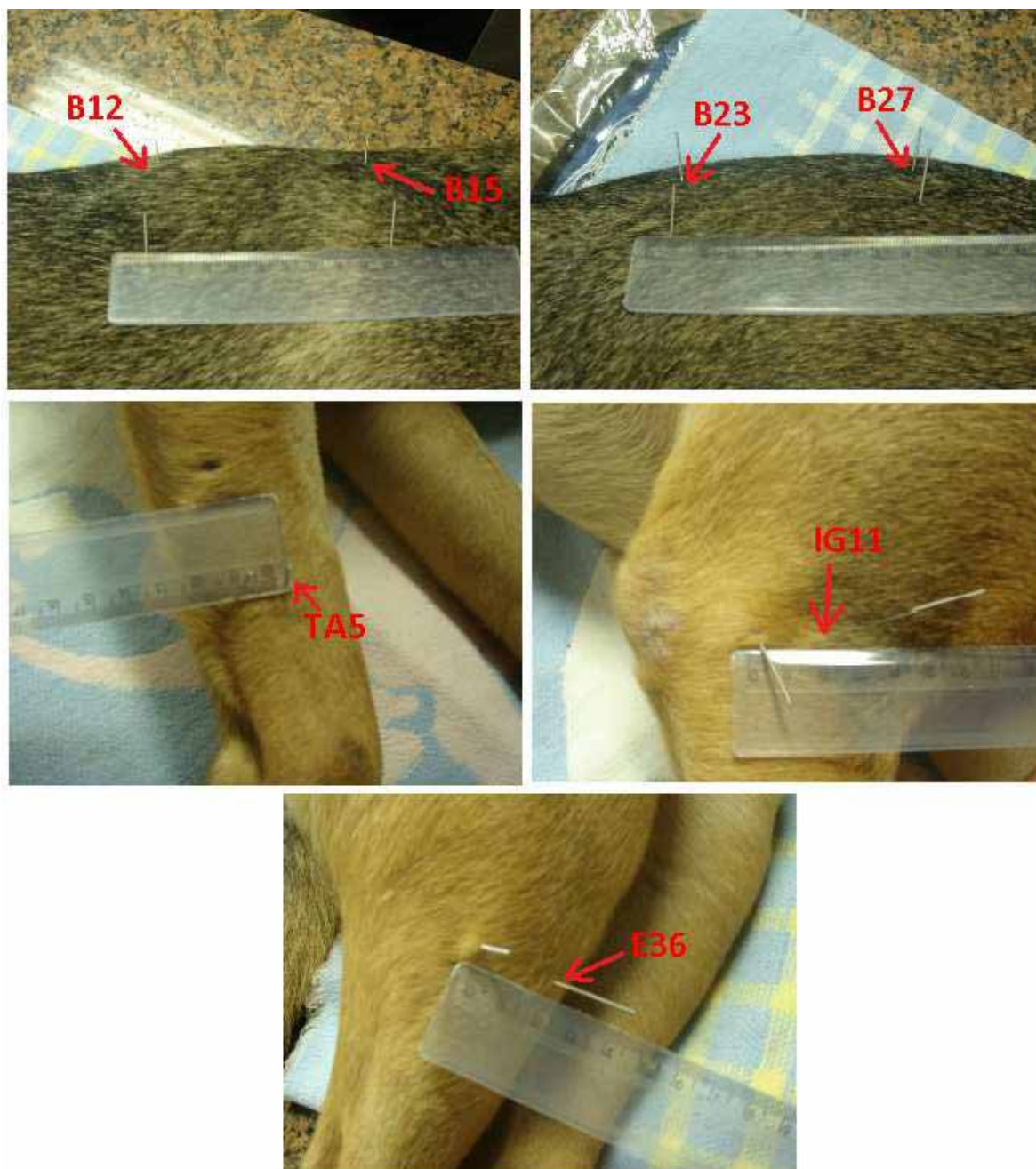


Figura 8 - Nas figuras pode-se observar os pontos B12, B15, B23, B27, IG11, TA5 e E36.

- Foram conectadas as agulhas com os eletrodos do circuito nos pontos B12 e B15. Foram medidas a tensão e a corrente entre estes dois pontos. Em seguida, nos seus pontos falsos relativos, conectaram-se as agulhas no circuito e mediram-se a tensão e a corrente.
- Repetiu-se o procedimento do item anterior para os pontos B23 e B27, IG11 e TA5, E36 e B60, e os seus pontos falsos relativos.

6. Resultado e Discussão

Com os valores medidos da tensão e da corrente pelo multímetro, calculou-se a impedância para cada par de pontos e construíram-se tabelas para cada experimento. Nas tabelas foram sublinhados os valores da impedância nos pontos de acupuntura, os quais apresentam números menores comparando com os valores nos pontos falsos relativos.

✓ Experimento 1:

Sob a frequência de 200Hz, observa-se nas tabelas 1 e 2 que, há um aumento da impedância entre os ponto B12-B15 e uma diminuição da impedância entre os pontos B23-B27, em comparação com os valores nos pontos falsos relativos.

Tabela 1- Valores obtidos nos pontos de acupuntura

Pontos de acupuntura	Frequência(Hz)	Tensão(mV)	Corrente(μ A)	Impedância(Ω)
Tórax (B12-B15)	200	32.97	280	117.75
Abdômen (B23-B27)	200	32.41	328	<u>98.81</u>

Tabela 2- Valores obtidos nos pontos falsos

Pontos Falsos	Frequência(Hz)	Tensão(mV)	Corrente(μ A)	Impedância(Ω)
Tórax	200	32.95	300	109.83
Abdômen	200	32.54	311	104.63

✓ Experimento 2:

Sob a frequência de 200Hz, observa-se nas tabelas 3 e 4 que, há uma diminuição da impedância entre os pontos E36-B60 e um aumento das impedâncias nos outros pontos de acupuntura, em comparação com os valores da impedância nos pontos falsos relativos.

Tabela 3- Valores obtidos nos pontos de acupuntura

Pontos de acupuntura	Frequência(Hz)	Tensão(mV)	Corrente(μ A)	Impedância(Ω)
Tórax (B12-B15)	200	31.02	210	147.71
Abdômen (B23-B27)	200	32.04	139	230.50
M. Anterior (IG11-TA5)	200	31.45	159	197.80
M. Posterior (E36 -B60)	200	31.58	160.5	<u>196.76</u>

Tabela 4- Valores obtidos nos pontos falsos

Pontos Falsos	Frequência(Hz)	Tensão(mV)	Corrente(μ A)	Impedância(Ω)
Tórax	200	31.06	224	138.66
Abdômen	200	31.82	178.31	178.45
M. Anterior	200	31.11	228	136.45
M. Posterior	200	32.05	147.08	217.91

O gráfico 1 expressa as diferenças entre os valores de impedâncias nos pontos de acupuntura e nos pontos falsos relativos.

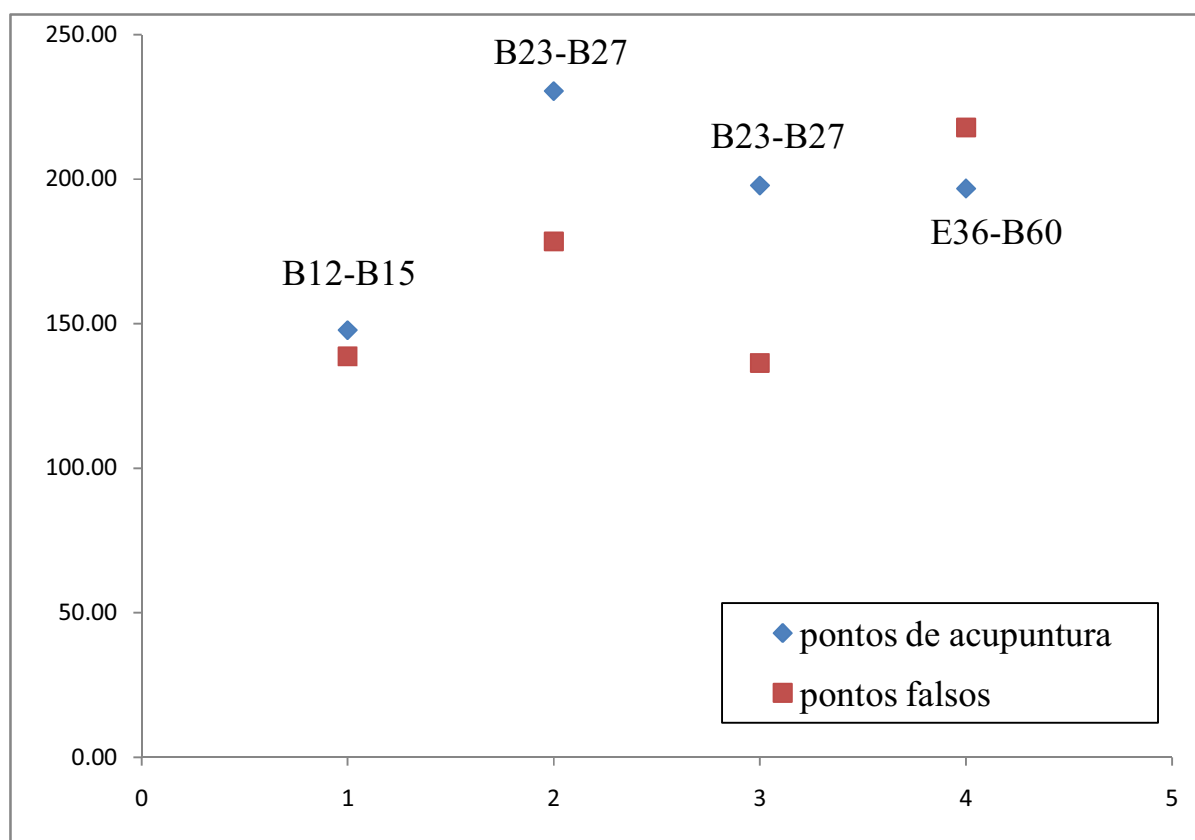


Gráfico 1- Comparação dos valores de impedâncias nos pontos falsos e nos pontos de acupuntura à frequência de 200Hz.

✓ Experimento 3:

Sob a frequência de 10kHz, observa-se nas tabelas 5 e 6 que, há um aumento da impedância entre os pontos E36-B60 e uma diminuição das impedâncias nos outros

pontos de acupuntura, em comparação com os valores da impedância nos pontos falsos relativos.

Tabela 5- Valores obtidos nos pontos de acupuntura

Pontos de acupuntura	Frequência(kHz)	Tensão(mV)	Corrente(μ A)	Impedância(Ω)
Tórax (B12-B15)	10	28.88	91.6	<u>315.28</u>
Abdômen (B23-B27)	10	31.73	73.92	<u>429.25</u>
M. Anterior (IG11-TA5)	10	33.09	64.39	<u>513.90</u>
M. Posterior (E36 -B60)	10	33.82	58.75	575.66

Tabela 6- Valores obtidos nos pontos falsos

Pontos Falsos	Frequência(kHz)	Tensão(mV)	Corrente(μ A)	Impedância(Ω)
Tórax	10	32.88	65.59	501.30
Abdômen	10	35.66	46.75	762.78
M. Anterior	10	34.33	55.26	621.25
M. Posterior	10	32.37	68.14	475.05

O gráfico 2 expressa as diferenças entre os valores de impedâncias nos pontos de acupuntura e nos pontos falsos relativos.

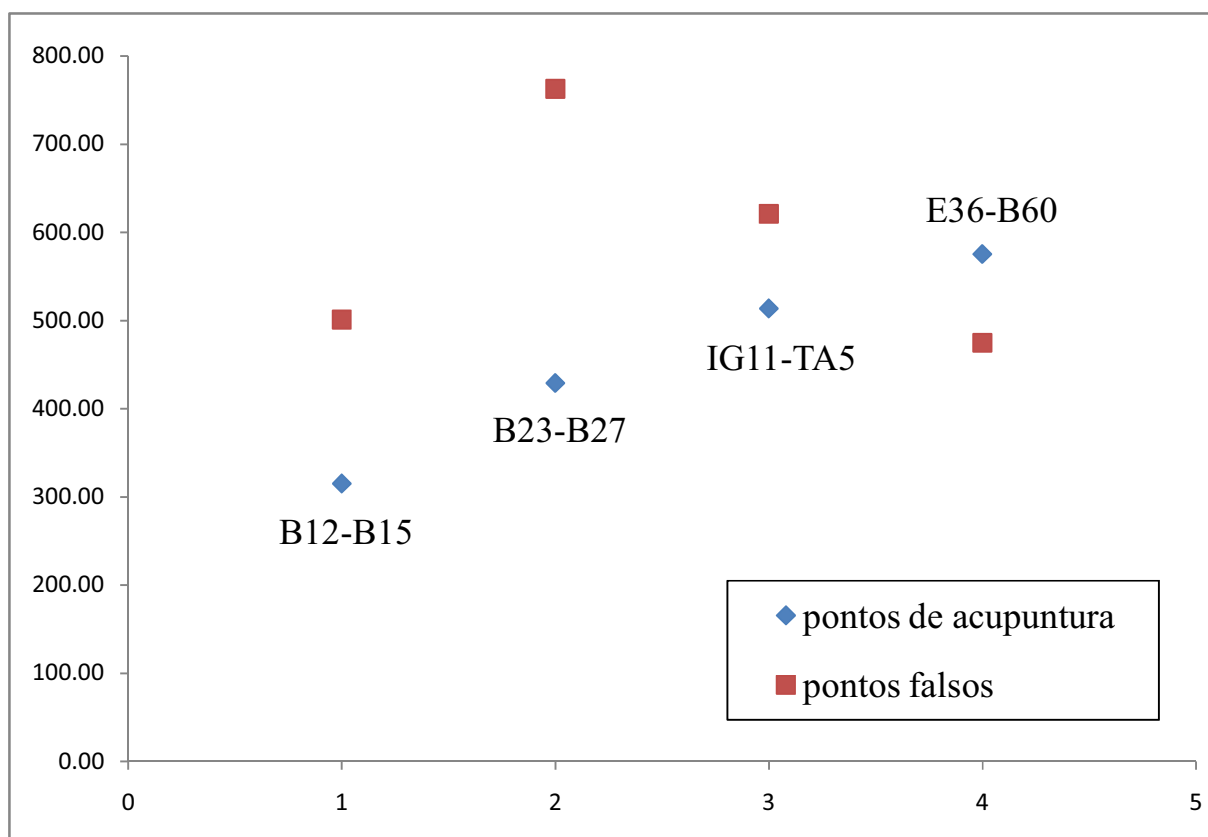


Gráfico 2- Comparação dos valores de impedâncias nos pontos falsos e nos pontos de acupuntura à frequência de 10kHz.

Observa-se que, a relação de impedâncias entre os pontos de acupuntura e os pontos falsos do experimento 3, com as relações de impedâncias do experimento 2, estão invertidas.

No experimento 3, os valores da impedância entre os pontos de acupuntura são menores que o dos pontos falsos relativos, com exceção da impedância nos pontos E36-B60, que é maior do que a nos pontos falsos relativos, como se visualiza no gráfico 2. Entretanto, no experimento 2, os valores da impedância nos pontos de acupuntura foram maiores que nos pontos falsos relativos, com exceção da impe-

dância nos pontos E36-B60, que foi menor do que a dos pontos falsos relativos, como se visualiza no gráfico 1.

Como a frequência aplicada no experimento 3 foi 50 vezes maior do que a aplicada nos experimentos 1 e 2, esta mudança da frequência pode explicar a alteração nos resultados.

Os tecidos biológicos possuem uma impedância elétrica complexa relativa à dimensão tecidual, à estrutura interna e ao arranjo dos componentes celulares [9]. Para facilitar a análise do problema, pode-se simplificar utilizando-se um circuito elétrico.

O circuito elétrico equivalente (figura 9) do tecido biológico consiste de uma série combinação de um resistor (R_i) e um capacitor (C), associada com um segundo resistor (R_e) em paralelo. Dessa forma, R_i , C e R_e representam resistência citoplasmática, capacitância da membrana celular e resistência extracelular respectivamente [2].

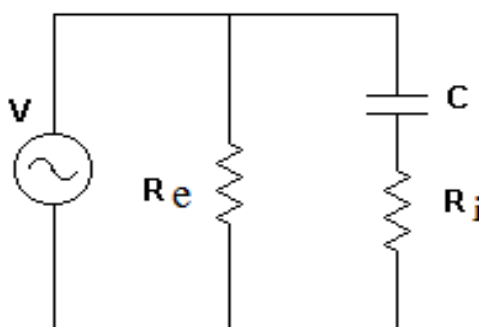


Figura 9 – Circuito elétrico equivalente do tecido biológico

A impedância transcelular (Z_i) é a combinação em série da capacitância da membrana celular (C) e da resistência citoplasmática (R_i), que pode ser representada por:

$$Z_i = \sqrt{R^2 + X_c^2} \quad \text{onde,} \quad X_c = \frac{1}{\omega \cdot C}$$

A impedância extracelular (Z_e) é a resistência extracelular (R_e) e exprime-se matematicamente por: $Z_e = R_e$

A expressão da reatância capacitiva (X_c) varia inversamente com a frequência f aplicada (ou ω), portanto quanto maior a frequência f (ou ω), menor é a reatância do capacitor. Dessa forma, na frequência muito baixa, a impedância do atalho transcelular (Z_i) através R_i e C , é infinitamente grande, comporta-se como um circuito aberto que não permite a condução da corrente, com a consequência, a corrente total vai passar através do R_e . Conforme a frequência cresce, a Z_i reduz e começa a passar a corrente no atalho transcelular. As proporções das correntes passando através da Z_i e Z_e são determinadas pelas suas contribuições relativas, as quais são inversamente proporcionais da Z_i e Z_e . Portanto com a alta frequência permite a mensuração da impedância total [2].

Isto pode explicar a inversão da relação das impedâncias entre os pontos de acupuntura e os pontos falsos relativos nos experimentos. Considera-se que a frequência de 200Hz aplicada nos experimentos 1 e 2 é baixa, assim que as impedâncias determinadas pelos valores medidos da tensão e da corrente, são correspondentes as impedâncias extracelulares, que estão na faixa de intervalo pequeno em torno de 100 a 200 ohms. Já no experimento 3, ressalta-se uma grande variação na faixa de

intervalo de 300 a 760 Ohms e um aumento abrupto das impedâncias nos todos pontos.

Nos gráficos 3 e 4 abaixo representam as formas de ondas no osciloscópio antes e durante os experimentos.

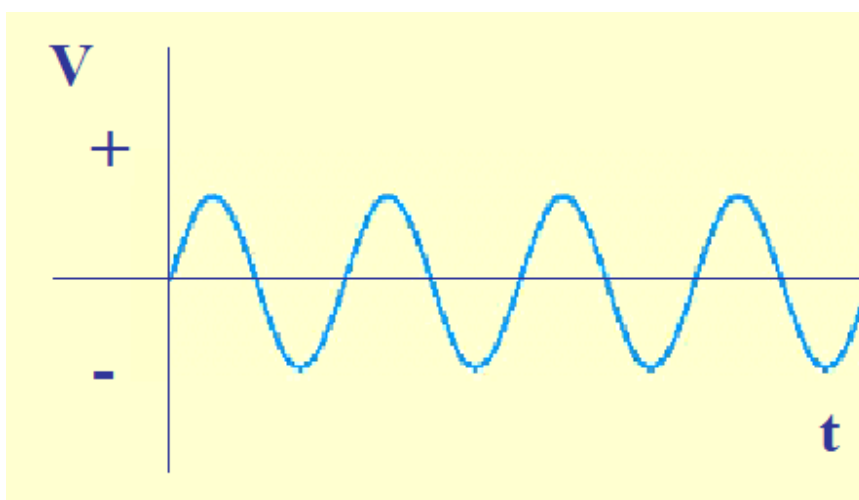


Gráfico 3- Formato de sinal da tensão antes dos experimentos.

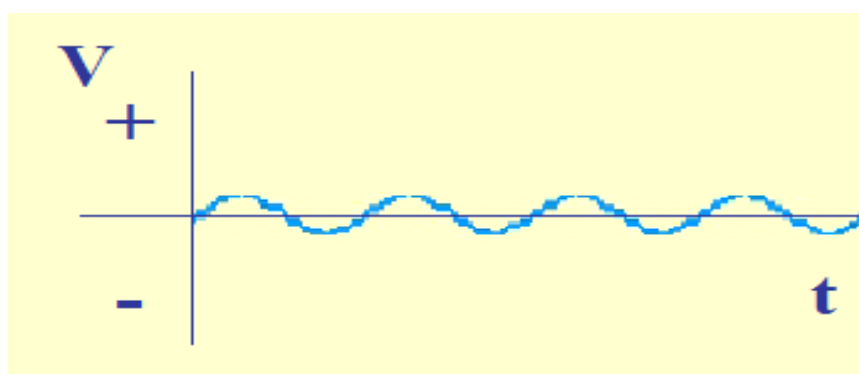


Gráfico 4- Formato de sinal da tensão durante os experimentos.

Observa-se uma diminuição da amplitude da tensão. Essa queda da intensidade é devida a dissipação da energia pela grande impedância entre os determinados pontos nos cães.

Enfim, os dois primeiros experimentos foram feitos com a intenção de buscar uma maneira correta de fazer o procedimento. No terceiro experimento, todo o procedimento já estava padronizado, e por isto, ele foi o único que apresentou uma relação correta com a base da teoria, da qual confirmou que as impedâncias entre os pontos de acupuntura são mais baixas do que as nos pontos falsos relativos. As dificuldades no método de mensuração, a falta da precisão dos aparelhos e os fatores diversos que influenciam nas medidas da impedância, podem ter contribuído para a ocorrência de possíveis erros.

7. Conclusão

A análise dos valores de impedâncias mostrou que há uma relação coerente entre os resultados e as frequências aplicadas no circuito, entretanto apenas na condição de alta frequência é possível a mensuração correta da impedância total. Desta forma está de acordo com a teoria de que as impedâncias nos pontos de acupunturas são mais baixas do que as impedâncias nos pontos falsos.

8. Referências

- [1] Albuquerque, R.O., Circuitos em corrente alternada, Ed. Érica: São Paulo, 8^a edição, 2005.
- [2] David Q.; Mike R.B. Ph., Transcellular and extracellular impedances of the intact abdomen in putrefying rat cadavers, Department of Physiology, University of Cape Town Medical School, Observatory 7925, Republic of South Africa, 23 September 1997.
- [3] Ewald H., Acupuntura para todos, Ed. Tecnoprint, 1982.
- [4] Filho, L.M., Acupuntura eletrônica, Ed. Ave Maria: São Paulo, 1977.
- [5] Halliday, D., Resnick, R., Walker, J., Fundamentos de física 3, Ed. LTC: Rio de Janeiro, 6^a edição, 2003.
- [6] Jones, D. M. et al, Modelling of epithelial tissue impedance measured using three different designs of probe, Medical Physics and Engineering, University of Sheffield, Royal Hallamshire Hospital, Glossop Road, Sheffield, S10 2JF, UK, Published 30 April 2003.
- [7] Luna, S.P.L., Electroacutheray, Proceedings of the 25th Annual International Congress on Veterinary Acupuncture, Lexington, Kentucky, EUA, 1999, p.163-176.
- [8] Nakatani, 1950 apud <http://www.eletoacupuntura.com.br/>, acesso 3 de novembro de 2008.
- [9] Xueli Z. et al, A new method for noninvasive measurement of multilayer tissue conductivity and structure using divided electrodes, IEEE transactions on biomedical engineering, Vol. 51, No. 2, February 2004.

- [10] 何旭初, 经络学说形成原理的假想与应用前景, 医疗保健器具 2006 年第 6 期
- [11] 吴建国, 中医经络学的运用与发展思路探讨, 中华中西医杂志 2006 年第 7 卷第 2 期
- [12] 邱茂良, 张善忱, 高等医学院教材—针灸学, 上海科技技术出版社 1984
- [13] 吴量, 人体经络之谜, 百拇医药 2008 年
- [14] 柳旭茹; 劉艾欣, 經絡的電阻特性研究, 學生專題研究第七輯物理科 Physics, 87 年 8 月至 90 年 6 月