

**UnB - UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FT - FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**PROJETO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE REDES DE**  
**COMUNICAÇÕES**

**SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE SONS DURANTE**  
**PROCESSOS DE ABLAÇÃO CARDÍACA POR**  
**RADIOFREQUÊNCIA**

**LETÍCIA PEREIRA RODRIGUES**

**ORIENTADOR: Dr. ADSON FERREIRA DA ROCHA**

**CO-ORIENTADORA: Ma. SYLVIA DE SOUSA FARIA**

**DISSERTAÇÃO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE REDES**  
**DE COMUNICAÇÕES**

**BRASÍLIA/DF: MAIO – 2021**

**UnB – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

## **Folha de assinatura de submissão**

## **Ficha catalográfica**

## DEDICATÓRIA

*Para o tempo, sempre gentil; à minha família,  
em especial, a minha mãe e a minha avó  
Edelves (in memoriam), pelo incontestável  
amor; e, ao Nosso Deus, com todo o meu  
carinho.*

*“Presentemente eu posso me considerar um  
sujeito de sorte; porque apesar de muito moço  
me sinto são e salvo e forte; ... ano passado eu  
morri, mas esse ano eu não morro”.*

*(Sujeito de Sorte, 1976, Belchior.)*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade de Brasília, por me proporcionar educação de qualidade, aprendizado de valores éticos e morais e crescimento pessoal. Sou grata ao Departamento de Engenharia Elétrica e a todos os servidores que me acompanharam nesta jornada. Agradecimentos especiais à Ana e à Vera, sempre atenciosas nas solicitações dos alunos.

À minha mãe, meu mais sincero agradecimento. A ela, que sempre foi o alicerce da minha vida, a responsável pelo meu crescimento e a dona das minhas vitórias e das minhas conquistas, o amor da minha vida para todo o sempre, meu colo e minha raiz.

Agradeço à minha família, em especial: ao meu amor, Abner, por acreditar em mim mais do que eu mesma, por ser meu conforto, minha segurança e o meu melhor amigo; ao meu pai, Hugo, responsável pela minha perseverança; ao meu pai, Mariano, que me adotou com seu coração, seu amor e sua alma; a minha irmã, Alessandra, por todo o apoio educacional, pelos ensinamentos, pelo carinho e pelos conselhos generosos; ao meu irmão, André, pela presença e pelo incontestável amor; à minha família paracatuense, por vibrar comigo em todas as pequenas conquistas; à minha avó Edelves (in memoriam), cito: “de todo o amor que eu tenho, metade foi tu que me deu; salvando minh’alma da vida, sorrindo e fazendo o meu eu.” (Gadu, Maria. Dona Cila).

Estendo meus agradecimentos aos professores que participaram da minha formação, exercendo a função mais importante de qualquer nação: educar. Cito, com carinho: Prof. Adson Ferreira da Rocha, Prof. Georges Daniel Amvame Nze e Prof. William Ferreira Giozza. Agradeço à Ma. Sylvia de Sousa Faria, pela paciência e pelo aprendizado.

Por fim, agradeço à Deus, pela vida e pelas bênçãos a mim concedidas, por ter me proporcionado uma existência de amor e realizações, em uma caminhada extensa e gratificante, ao lado das pessoas que mais amo. “O senhor é meu escopo, a minha glória, e o que exalta a minha cabeça” (Salmos 03:03).

## RESUMO

### PROJETO DE SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE SONS DURANTE PROCESSOS DE ABLAÇÃO CARDÍACA POR RADIOFREQUÊNCIA

**Autora:** Letícia Pereira Rodrigues

**Orientador:** Prof. Dr. Adson Ferreira da Rocha

**Co-orientadora:** MsC Sylvia de Sousa Faria

**Programa de Graduação em Engenharia de Redes de Comunicações**

**Brasília, Maio de 2021.**

**Palavras-chaves:** fibrilação atrial, ablação cardíaca por radiofrequência, fístula átrio-esofágica, relação átrio esquerdo – esôfago.

A fibrilação atrial (FA) é uma arritmia cardíaca frequente, suas causas são diversas e incluem anormalidade na estrutura do coração do paciente, mal funcionamento da válvula cardíaca e sequelas ocasionadas por ataque cardíaco. Nesse cenário, de um paciente que possui FA, existem variados tratamentos que incluem: medicação, terapia anticoagulante e a ablação por radiofrequência. Apesar da ablação por radiofrequência (ACRF) ser considerada, no âmbito da medicina, como um tratamento seguro e eficaz, a proximidade entre o coração e o esôfago pode gerar lesões térmicas graves nesses órgãos. Ao cauterizar parte do átrio esquerdo, o calor gerado pelo procedimento pode ocasionar um aumento abrupto de temperatura no esôfago, desempenhando um papel semelhante à fervura no sangue presente no órgão e levando o paciente à morte. Assim, tem-se como uma possível alternativa para que a ACRF seja mais segura, o desenvolvimento de um sistema para monitoramento de sons durante o processo, que poderá ser usado para o monitoramento de formação de microbolhas e bolhas que podem se formar na parede do esôfago durante o procedimento. À medida que o sangue apresenta aumento de temperatura, microbolhas se formam antes da ebulição, e é esse o som que deve ser ouvido. Neste momento, caso um aparelho consiga escutar o som formado pelas microbolhas e transmiti-lo ao cirurgião, talvez seja possível evitar que o sangue do esôfago entre em ebulição e o paciente vá a óbito. Com esse objetivo, foi construído um circuito capaz de transmitir as ondas sonoras relativas ao aumento de temperatura de um líquido. Concluiu-se, a partir de testes, que um hidrofone conectado a um sistema de leitura e transmissão dos dados sonoros, que possa ser inserido no paciente e conectado ao médico responsável pelo procedimento de ACRF, poderia aumentar as taxas de sucesso do procedimento. Portanto, embora exista a proximidade entre o átrio esquerdo, local onde ocorre a ACRF, e o esôfago, um dispositivo com as especificações propostas seria eficiente na monitoração e prevenção de lesões térmicas na parede do esôfago, como, a formação de fístulas átrio-esofágicas, para preservar a vida do paciente.

## **ABSTRACT**

### **SYSTEM DESIGN FOR SOUND MONITORING DURING PROCESSES OF HEART ABLATION BY RADIOFREQUENCY**

**Author: Leticia Pereira Rodrigues**

**Supervisor: Prof. Dr. Adson Ferreira da Rocha**

**Co-supervisor: Sylvia de Sousa Faria**

**Graduation Program in Network Engineering**

**Brasília, June of 2021.**

**Key-words: atrial fibrillation, radiofrequency cardiac ablation, atrio-esophageal fistula.**

Atrial fibrillation (AF) occurs due to cardiac arrhythmia, its causes are diverse and include abnormality in the formation of the patient's heart, malfunction of the heart valve and sequelae caused by heart attack. In this scenario, for a patient who has AF, there are several treatments that include: medications, anticoagulant therapy and radiofrequency ablation. Although radiofrequency ablation (ACRF) is considered, in the field of medicine, as a safe and effective treatment, the proximity of the heart to the esophagus can generate serious thermal lesions in these organs. When cauterizing part of the left atrium, the heat generated by the procedure can cause an abrupt increase in temperature in the esophagus, playing a role similar to the boil in the blood present in the organ and leading the patient to death. Thus, there is a possible alternative for the ACRF to be safer, the development of a system for monitoring sounds during the process, which can be used to monitor the formation of microbubbles and bubbles that can form on the wall of the esophagus during the procedure. As the blood increases in temperature, microbubbles form before boiling, and that is the sound that must be heard. At this time, if a device can hear the sound formed by the microbubbles and transmit it to the surgeon, it is possible to prevent the blood from the esophagus from boiling and the patient to die. For this purpose, a circuit was built capable of transmitting sound waves related to the increase in temperature of a liquid. It was concluded, from tests, that a hydrophone connected to a system for reading and transmitting sound data, which can be inserted into the patient and connected to the doctor responsible for the ACRF procedure, could increase the success rates of the procedure. Therefore, although there is a proximity between the left atrium, where ACRF occurs, and the esophagus, a device with the proposed specifications would be efficient in monitoring and preventing thermal lesions in the esophageal wall, such as the formation of FAE, to preserve the patient's life.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	3
1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.2 PERGUNTA DE PESQUISA.....	4
1.3 FIBRILAÇÃO ATRIAL (FA) .....	4
1.4 ABLAÇÃO CARDÍACA POR RADIOFREQUÊNCIA.....	5
1.5 RELAÇÃO ENTRE O ATRIO ESQUERDO E O ESÓFAGO.....	6
1.6 FÍSTULA ATRIO-ESOFÁGICA.....	7
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>8</b>
2.1 ORÇAMENTO.....	8
2.2 DISPOSITIVOS ELETRÔNICOS.....	9
2.1.1 RESISTORES.....	9
2.1.2 CAPACITORES.....	9
2.1.3 TRANSISTOR COMO AMPLIFICADOR DE CORRENTE.....	9
2.1.4 PROTÓTIPO DO MICROFONE.....	10
2.1.5 PROTÓTIPO DO HIDROFONE.....	11
<b>3 TESTES PRELIMINARES E RESULTADOS .....</b>	<b>12</b>
<b>4 TESTES FUTUROS SUGERIDOS.....</b>	<b>19</b>
4.1 TESTES IN VITRO COM TECIDOS BIOLÓGICOS.....	19
4.2 SENSIBILIDADE E ESPECIFICIDADE.....	19
4.3 MATRIZ DE CONFUSÃO.....	20
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>21</b>



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Orçamento do projeto.....	08
Tabela 2: Características gerais do microfone [22] .....	10

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dispositivo CETER [6].....	01
Figura 2: Imagem de ressonância magnética que mostra a distribuição física dos tecidos do átrio esquerdo, esôfago e pulmão (Faria [6]).....	07
Figura 3 – Imagem A mostra um esôfago sem fistula e Imagem B mostra um esôfago com fistula (Faria 2018 [6]) .....	07
Figura 4 – Circuito do Microfone [22] .....	11
Figura 5 – Protótipo do microfone associado a um amplificador .....	11
Figura 6 – Circuito Montado .....	12
Figura 7 – Circuito Montado aproximado .....	13
Figura 8 – Teste de captação de áudio .....	14
Figura 9 – Ambiente de simulação .....	15
Figura 10 – Ambiente do teste 1 .....	15
Figura 11 – Captação de ondas sonoras no teste 1 .....	16
Figura 12 – Ambiente de Simulação do teste 2 .....	17
Figura 13 – Captação de onda sonora do teste 2 .....	17
Figura 14 – Ambiente de simulação do teste 3 .....	18
Figura 15 – Onda sonora captada no teste 3 .....	18

## **LISTA DE NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES**

AA – ablação atrial

AC – ablação por cateter

ACRF – ablação cardíaca com cateter em radiofrequência

AE – átrio esquerdo

bpm – batimentos por minuto

FA – fibrilação atrial

FAE – fístula átrio-esofágica

RF – Radiofrequência

UnB – Universidade de Brasília

# 1 INTRODUÇÃO

A fibrilação atrial (FA) afeta 0,4% da população brasileira [2]. Ela ocorre quando há um tipo específico de arritmia cardíaca, que é categorizado como um distúrbio do ritmo cardíaco [1]. Está associada à idade, pois, em grupos de pessoas com mais de 60 anos, chega a afetar 2% dessa parcela da população [1].

Os tratamentos da fibrilação atrial são variados, e incluem cirurgia (para casos avançados) e uso de coagulantes [3]. A intervenção cirúrgica, que é a ablação cardíaca por radiofrequência, consiste na cauterização por meio de corrente elétrica em pontos específicos do átrio esquerdo [4]. Embora eficaz na solução da arritmia, com taxa de 79% de sucesso, uma parcela dos pacientes submetidos ao tratamento desenvolve fistulas átrio-esofágicas ocasionadas pelo superaquecimento dos tecidos do esôfago, devido à sua proximidade com o átrio esquerdo [5]. As fístulas são canais em forma de canudo que se formam entre o átrio esquerdo e o esôfago, e pode, em uma parcela dos casos, gerar a passagem do sangue desse átrio diretamente para o esôfago. Quando isso acontece, ocorre uma taxa de mortalidade de quase 100%.

Visando melhorias nos resultados da intervenção cirúrgica e, conseqüentemente, aumento na qualidade e tempo de vida do paciente, diversos projetos de intervenção foram apresentados ao longo dos anos, com o objetivo de medir e controlar a temperatura do esôfago durante o procedimento de ablação [6]. Nesses projetos há propostas de se medir, durante o processo de ablação, a temperatura na parede interna do esôfago. Outra proposta que também está sendo tentada é a tentativa de diminuir o risco de formação de fístulas por meio do resfriamento da parede interna do esôfago. Essas propostas estão em desenvolvimento e em teste, e se apresentam, neste ponto, como tentativas legítimas. Porém não se sabe, ainda, se essas propostas serão efetivas, e há suspeitas de que possam não ser. Por exemplo, pode ser que a monitorização da temperatura na parede interna no esôfago venha a ser inefetiva, pois pode ser que a temperatura que chegue ao esôfago seja substancialmente menor do que a temperatura em regiões mais próximas ao cateter de ablação, ou pode ser que o aumento de temperatura na parede interna do esôfago de fato aumente, mas que a detecção do aumento possa, talvez, ser tardia. Também, a efetividade do resfriamento da parede do esôfago ainda é uma possibilidade a ser estudada, e há pesquisadores que acreditam que é possível que o resfriamento na parede do esôfago possa não ser suficiente para evitar que regiões mais próximas ao cateter de ablação alcancem temperatura que possam levar à formação de fístula.

Enquanto as pesquisas nas linhas acima seguem em frente, o presente trabalho tenta explorar outra possibilidade, que é a tentativa de se monitorar sons que possam estar associados à formação de fístulas átrio-esofágicas. A inspiração do projeto foi o artigo [20], em que se mostrou que dispositivos que causam efeitos de ablação análogos, inicialmente, a fervura inicial, com formação de microbolhas, seguidas de sons de “pops” (que poderia, em português, ser coloquialmente chamados de “pipocos”).

Neste contexto, a utilização de um sistema de captação de áudio, que inclua a disposição do áudio captado, em tempo real ao cirurgião, durante a ablação, talvez possa vir a ser uma possível solução para o problema. Esse sistema deve ser desenvolvido de forma a poder ser inserido nas proximidades do esôfago. Uma possibilidade seria na parede interna do esôfago.

Como as fistulas átrio-esofágicas ocorrem devido ao superaquecimento, espera-se escutar as microbolhas de ar que precedem a ebulição e, a partir do som formado especificamente por elas, gerar um alerta ao médico responsável pela intervenção cirúrgica, de modo que ele consiga interromper o procedimento antes do superaquecimento, evitando as fístulas. Após o esfriamento adequado do esôfago, e da região, como um todo, o procedimento poderia ser retomado com um menor risco à vida do paciente.

O presente projeto tem o objetivo de propor um dispositivo capaz de captar os sons associados aos eventos de “fervura” e de surgimento de “pipocos” (“popping sounds”) que vários pesquisadores consideram que estão associados à formação de fístulas átrio-esofágicas (FAE). O objetivo futuro é a instalação do dispositivo de sensoriamento dos sons de microbolhas em um módulo esofagiano, denominado CETER, que será descrito a seguir.

O projeto CETER está sendo desenvolvido pela pesquisadora Sylvia de Souza Faria [06]. O sistema é composto por um módulo de Látex, que tem o objetivo de ser instalado no esôfago, durante o processo de ablação. O dispositivo está ilustrado na figura 01; ele é construído com o uso de Látex natural, extraído da árvore *Hevia braziliensis*, e está descrito na referência [06]. O sistema permitirá manter a temperatura em nove pontos com forma retangular (implementados com dispositivos Peltier), permitindo, também, monitorar a temperatura em diversos pontos da parede esofágica.

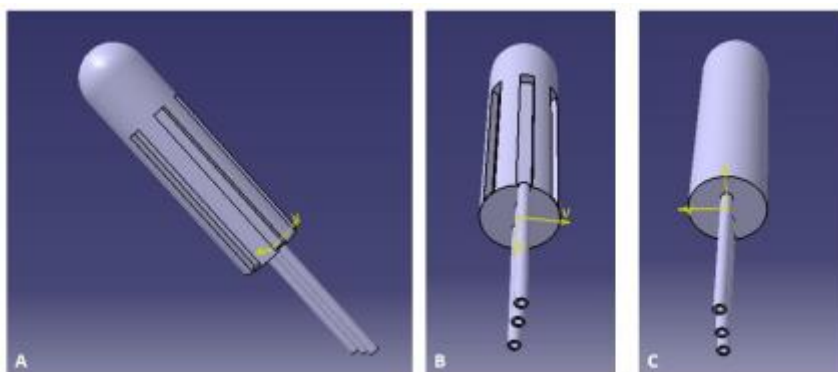


Figura 01 - O dispositivo CETER.

A proposta do presente projeto é estudar a possibilidade de se instalar um sensor de som, em sólidos (hidrofone) que poderia ser embutido no CETER.

Antes de apresentar um resumo da proposta, é importante comentar que a autora realizou a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 1 há 2 anos, e teve que fazer um trancamento do curso, por motivos pessoais. Em seu retorno, deixou de ter as condições que

eram necessárias para o teste do projeto original. Com isso, foi necessário trocar o tema, e fazer um projeto um pouco mais curto, que é este descrito a seguir.

O objetivo deste trabalho é desenvolver e testar um circuito que possa ser embarcado no módulo CETER, para medição dos sons associados ao processo de ablação. Adicionalmente, será apresentada toda a contextualização, e serão apresentadas sugestões para os futuros desenvolvimentos e experimentos para uso do circuito em testes.

Para guiar, futuramente, a produção do dispositivo citado, serão executados experimentos que comprovem a capacidade de captação da faixa sonora emitida pelas microbolhas por um protótipo, no caso, um microfone de alta sensibilidade sonora. A sugestão do desenvolvimento deste sistema de captação sonora tem por objetivo diminuir os riscos à vida dos pacientes e consequentemente os gastos oriundos de medicações e tratamentos, prevenindo as possíveis lesões e melhorando a qualidade de vida daqueles que sofrem com essa enfermidade.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é a implementação de um circuito capaz de captar os sons produzidos pelas microbolhas de um líquido em processo de ebulição.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Para realização do trabalho serão necessárias as seguintes etapas:

- escolher os equipamentos a serem utilizados;
- esquematizar o circuito a ser implementado;
- implementar o circuito do microfone de alta sensibilidade;
- testar o microfone, em três etapas distintas, e;
- avaliar a eficiência e eficácia do circuito montado para o problema apresentado.

O trabalho não visa um protótipo completo, o qual possa ser devidamente inserido no paciente para aferição dos sons emitidos durante a cirurgia de ACRF, e sim um teste relativo às propriedades elétricas dos dispositivos que podem vir a ser usados, futuramente, em um projeto final do dispositivo em questão.

## 1.2 PERGUNTA DE PESQUISA

Há a possibilidade de escutar o som emitido pelas microbolhas que se formam durante o processo de aquecimento de um líquido, por meio de um microfone de alta sensibilidade (prevendo, dessa forma, uma FA durante o procedimento de ACRF)?

## 1.3 FIBRILAÇÃO ATRIAL (FA)

A fibrilação atrial (FA) ocorre quando há um tipo específico de arritmia cardíaca (um distúrbio do ritmo cardíaco) – denominada FA, que é dividida em dois grupos: a FA inicial e a FA crônica [1].

A FA inicial é atribuída, segundo Martinelli, à “primeira detecção, sintomática ou não, da arritmia, desde que a duração seja superior a 30 s (forma sustentada)”, já a FA crônica, ocorre quando há recorrência da arritmia [1].

No Brasil, há maior incidência da doença em homens do que em mulheres, na proporção de 2 para 1. O seu perfil epidemiológico demonstra que a FA afeta 0,4% da população, estando relacionada à idade, chegando a afetar cerca de 2% da população idosa com 60 anos ou mais [2].

O tratamento mais comum consiste na intervenção cirúrgica ACRF, para a forma crônica da doença, e uso de coagulantes para a forma inicial [3].

A FA é uma arritmia sustentada, consiste em batimentos irregulares e ineficazes nas aurículas [7]. Ela possui diversas classificações, sendo entre elas: a FA solitária, que ocorre na ausência de cardiopatia; a FA idiopática, que ocorre sem nenhuma doença; e, a Síndrome branqui-taqui, que é a FA associada a presença de doença no nó sinusal [7]. Existem ainda, versões da FA, sendo dividida entre FA inicial e FA crônica, sendo a crônica dividida entre persistente, paroxística e permanente [7].

A FA inicial ocorre na primeira detecção da arritmia, com duração superior a 30 segundos. Já a FA crônica ocorre em episódios com duração de até sete dias (paroxística), superior a sete dias com baixa probabilidade de reversão (persistente) ou quando a reversão à ritmo sinusal é ineficaz (permanente) [7].

Ela é responsável por um terço das internações associadas a distúrbios do ritmo cardíaco em hospitais [7] sendo que, em 30% dos casos ocorre a FA solitária, com ausência de cardiopatia. Percebe-se, também, que a FA é mais frequente na presença de doença no nó sinusal, síndrome de Wolff-Parkinson-White e de taquicardias por reentrada nodal atrioventricular [7].

Quanto a propensão de desenvolvimento em relação a faixa etária, temos que, a FA possui prevalência de 0,4% na população geral e aumenta conforme a idade do paciente, sendo que, a partir dos 50 anos a taxa de incidência duplica a cada 10 anos [7], acometendo

principalmente os maiores de 80 anos, sendo estimado que 10% da população nessa faixa etária possui a doença [8].

A incidência da FA no Brasil não é conhecida, mas estima-se que seja mais frequente em homens do que em mulheres, sendo a proporção de dois homens a cada mulher [7]. Quanto a taxa de incidência mundial, estima-se que a FA atinge de 0,4% a 1% da população mundial [10].

O tratamento da FA consiste em controle do ritmo ou controle da frequência cardíaca, associados a anticoagulantes dependendo dos fatores de risco para eventos cardioembólicos [11], o tratamento com medicações e sem intervenção cirúrgica não é sempre eficaz, sendo necessárias cirurgias para controlar a arritmia, deve-se realizar, nesses casos, a ablação cardíaca por radiofrequência, já que a não intervenção cirúrgica em casos de taquiarritmia podem diminuir a sobrevida e aumentar o risco de eventos neurológicos [4].

Para o tratamento adequado da FA, deve-se levar em consideração os fatores sociais do indivíduo. Precisa-se de uma análise aprofundada do impacto dessa arritmia na vida do paciente, de forma a otimizar os recursos e usá-los de forma adequada [12]. Percebe-se que há potenciais fatores sociais associados à FA, como a maior incidência em idosos. Os aumentos dos recursos de investigação melhoram substancialmente o tratamento precoce da arritmia [12].

Quanto ao custo associado ao tratamento da FA no SUS (Sistema Único de Saúde), há uma variação entre os valores de R\$ 21.074,85 e R\$ 42.661,85 [11].

#### 1.4 ABLAÇÃO CARDÍACA POR RADIOFREQUÊNCIA (ACRF)

A ablação cardíaca é um procedimento para o tratamento de arritmias cardíacas. A taquiarritmia, quando não tratada, pode diminuir a sobrevida e aumentar o risco de eventos neurológicos [4].

A ACRF é um caminho para realizar o procedimento de forma menos invasiva. É realizada com uma corrente elétrica alternada, de frequência na faixa de frequências usada em ondas de rádio, que é aplicada com o objetivo de diminuir a possibilidade de lesões iatrogênicas de órgãos ou tecidos vizinhos [4]. A operação necessita de prévia monitorização hemodinâmica, que deve incluir medições de pressão e oximetria de pulso [13].

Embora a utilização de radiofrequência no tratamento operatório da FA apresente bons resultados, atingindo ritmo sinusal em 79% dos casos [13], infelizmente, a aplicação da radiofrequência no antro das veias pulmonares e na parede posterior do átrio esquerdo pode gerar o aquecimento da parede esofágica e causar lesões térmicas extremamente graves e com alta mortalidade [5].

Existe o risco de lesões, provocadas pelo procedimento, no esôfago, esse risco se deve ao fato de o esôfago e o átrio esquerdo serem órgãos adjacentes, conforme figura 1 [6]. Como a ablação cardíaca por RF pode ocasionar aumento de temperatura, existe a possibilidade de essa alteração ocasionar uma fistula, ou seja, uma abertura (semelhante à um tubo) entre os dois conjuntos, essa abertura leva a passagem de sangue do átrio esquerdo para o esôfago e resulta, na maioria dos casos, na morte do paciente [6].

Alternativas que evitem lesões térmicas na ACRF, envolvem, portanto, o impedimento do aquecimento. O aquecimento pode ser impedido por meio de resfriamento simultâneo ou controle do aquecimento [14].

A operação é efetuada a partir do bloqueio dos circuitos de reentrada que provocam a FA, dessa forma, são realizadas múltiplas incisões e suturas atriais para alcançar o objetivo [19]. A ablação cardíaca por RF é efetuada por meio de uma corrente elétrica alternada, associada à um sistema de irrigação que possui o objetivo de resfriar a face em contato com o corpo, diminuindo as chances de um aquecimento e consequentes lesões nos órgãos vizinhos [19]. Inicia-se o procedimento com o monitoramento dos sinais vitais do paciente, a partir de uma via de acesso, é efetuada a sedação e avaliada a temperatura do corpo, insere-se o equipamento no paciente por meio de esternotomia mediana, por fim, realiza-se a aplicação da radiofrequência no átrio esquerdo [19]. O dispositivo é formado por um gerador de energia conectado a um objeto semelhante à uma caneta que, irrigado com solução salina para evitar o aquecimento dos tecidos adjacentes, opera entre 20 e 30 Volts, com impedância de até 500 ohm [19]. A conclusão se dá pelo monitoramento dos sinais vitais no período que deriva da intervenção cirúrgica [19].

## 1.5 RELAÇÃO ENTRE O ÁTRIO ESQUERDO E O ESÓFAGO

O esôfago é um tubo, o qual encontra-se muito próximo do átrio esquerdo, percebe-se, a partir da figura 1, que o esôfago se encontra entre o átrio esquerdo e a aorta, possuindo seu tecido externo adjacente ao coração. Embora a sua posição mude discretamente de um indivíduo para outro, ele se situa anteriormente à coluna vertebral e à direita da aorta torácica descendente, de forma que sua localização fica próxima ao óstio das veias pulmonares esquerdas mais frequentemente do que das veias pulmonares direitas [5].

Dessa forma, a ablação por radiofrequência na parede posterior do átrio esquerdo e nas veias pulmonares apresenta risco de ocasionar lesões térmicas na parede anterior do esôfago, detectáveis ou não por endoscopia convencional, que, quando ocorrem, têm grande potencial de comprometer tanto a irrigação arterial, como também, a inervação, causando lesões isquêmicas, infecção e alterações funcionais [5].





Figura 2 - Imagem de ressonância magnética que mostra a distribuição física dos tecidos do átrio esquerdo, esôfago e pulmão (Faria [6]).

## 1.6 FÍSTULA ÁTRIO-ESOFÁGICA

A fístula átrio esofágica ocorre quando há a formação de um tubo comunicante na parede do miocárdio, que pode conectar o interior do átrio ao interior do esôfago. Percebe-se, a partir da figura 2, que a imagem A retrata um indivíduo saudável, antagonista à imagem B que caracteriza um indivíduo com fístula átrio-esofágica, sendo esta, uma abertura entre o esôfago e o átrio esquerdo [6]. No tratamento dessa condição, é necessário um diagnóstico precoce, entretanto há dificuldades para a identificação da lesão [6]. A taxa de incidência da fístula átrio-esofágica, em pacientes submetidos ao procedimento de ACRF é de 1,7% [20], e a taxa de morte é de 2,8%, sendo que 94,2% apresentaram sobrevida de 11,7 anos com desvio padrão de 2,8 meses [21].

As cirurgias reparadoras podem ser a esternotomia padrão, a atriectomia esquerda, a incisão supra umbilical e a toracotomia direita para reparação da circulação [6].

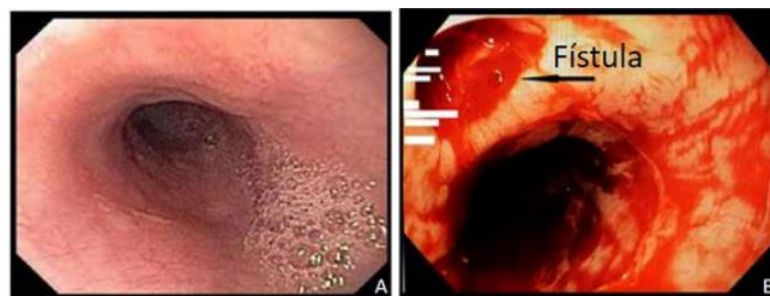


Figura 3 – Imagem A mostra um esôfago sem fístula e Imagem B mostra um esôfago com fístula (Faria 2018 [6])

## 2 METODOLOGIA

A seguir, é apresentada implementação e um conjunto de testes demonstrando a aplicabilidade do circuito para a detecção de sons resultantes do processo de ablação térmica por meio de RF.

### 2.1 ORÇAMENTO

Os hidrofones que constam atualmente no mercado, custam em média R\$ 3500,00. Devido a incompatibilidade do valor do dispositivo com o orçamento disponível para o projeto, surgiu a ideia de utilizar um microfone de eletreto, comum, para efeito de testes, e aferir sua capacidade de tolerância a água, quando próximo ou inserido nela. Desta forma, a tabela de dispositivos utilizados e seus respectivos valores, encontra-se abaixo:

Equipamento	Valor em reais (R\$)
microfone de eletreto	3,80
2 capacitores eletrolíticos de 2,2 por 50volts	0,40
resistor de 1k	1,88
1 resistor de 10k	0,80
1 resistor de 100k	0,50
1 resistor de 22k	0,40
1 transistor npn (do tipo 2n5551)	3,40
1 mergulhão Elétrico 220V	33,16
1 ferro de Solda 30W 220V	27,60
Total	71,94

Tabela 2 – Orçamento do projeto.

Percebe-se, portanto, que este é um projeto de baixo custo de produção, embora um dispositivo pronto para o fim ao qual se destina, deve ser composto por um hidrofone, a funcionalidade e eficacia do circuito podem ser medidas a partir deste protótipo mais econômico.

## 2.2 DISPOSITIVOS UTILIZADOS

### 2.2.1 Resistores

Os resistores mais comuns são os feitos de carvão, filme metálico ou de nicromo, já os revestimentos, os seja, a capa de proteção envoltória, comumente são feitos em cerâmica [18]. Resistores possuem a função, segundo a lei de Ohm, de oferecer resistência a passagem de corrente elétrica, e assim, causarem uma diferença de potencial entre as suas entradas e as suas saídas [18].

Para sua fabricação, resistores seguem uma lógica de cores, que são pintadas em sua estrutura, a fim de determinar suas especificações. Podendo ter de quatro à cinco faixas pintadas em sua estrutura [18].

### 2.2.2 Capacitores

O capacitor é responsável por acumular cargas elétricas, propriedade denominada capacitância [18]. É constituído por placas condutoras separadas por um isolante dielétrico [18]. A capacitância do dispositivo é definida pela divisão da carga elétrica pela tensão do capacitor, e a partir dela é possível acumular a energia disposta pela diferença de potencial em seus terminais [18]. Existem diversos tipos de capacitores, dentre eles o comum, o eletrolítico, o variável e o variável [18]. Para a finalidade desejada neste projeto será usado o capacitor comum.

### 2.2.3 Transistor como amplificador de corrente

Transistores são sistemas compostos por junções PN, que podem ser dispostas de forma a gerar dispositivos nos formatos PNP ou NPN [18]. Eles são capazes de gerar uma forte corrente entre coletor e emissor, a partir de uma corrente fraca de entrada, esse processo é possível devido ao controle que exerce sobre a corrente fornecida pela bateria [18]. Em geral, o ganho de corrente é definido pela divisão da corrente do coletor pela corrente da base [18]. Assim sendo, um transistor poderá ser utilizado no circuito do microfone com o objetivo de amplificar a sua corrente de entrada, fazendo com que os sons captados sejam ouvidos com maior sensibilidade.

## 2.2.4 Protótipo do Microfone

Será utilizado, no protótipo do equipamento, um microfone condensador de eletreto (modelo CKT ECM6050CP), com tamanho de 50mm de altura por 60mm de diâmetro e que possui 2 pinos de entrada, conforme características gerais que constam na tabela 1 [22]. O microfone será ligado em um circuito, fiel ao datasheet do equipamento, conforme figura 3. Como deseja-se amplificar as ondas sonoras captadas, o circuito inicial será acrescido de um transistor, do tipo NPN, e à resistores que tornem a captura do sinal mais estável e o circuito mais seguro, conforme figura 4. Por fim, usando água e um sistema de aquecimento (mergulhão elétrico) será efetuado um experimento que avalie a onda sonora captada pelo microfone sem o líquido, em proximidade do líquido em aumento de temperatura, bem como inserido no líquido e adjacente a parede externa do reservatório do líquido. Objetiva-se que seja notada alguma diferença entre os sinais captados, que indiquem que o dispositivo é capaz de captar as ondas sonoras referentes ao processo de aumento de temperatura. O sinal sonoro captado deve ser entendido como um sinal de alerta ao médico responsável pelo procedimento, permitindo-o precipitar a criação da fistula átrio esofágica evitando-a.

Parâmetro	Valor	Toler. (%)	Unid	Condição
Tensão de Operação Nominal	3		VDC	-
Impedância	<2.200		$\Omega$	
Consumo	<0,5		mA	-
Sensibilidade	-38	$\pm 2$	dB	(0dB=1V/Pa,1KHz)
	-58	$\pm 2$	dB	(0dB=1V/ $\mu$ bar,1KHz) Vs=4,5V R1=2.2K $\Omega$
Directividade				Ominidirecional
Relação sinal/ruído	>40		dB	
Faixa de pressão acústica	86~106	-	KPa	-
Captação de ruído ambiente	<36	-	dB	-
Peso		-	g	-
Faixa de tensão de trabalho	1~10	-	VDC	-
Temperatura de operação	-20~+70	-	$^{\circ}$ C	-
Umidade Relativa	30~85%		UR	

Tabela 1 – Características gerais do microfone [22].

O datasheet do dispositivo, apresentado na figura 3, demonstra que o microfone de eletreto deve ser ligado a uma corrente contínua, 2 resistores serão usados com a finalidade de preservar o funcionamento do microfone, gerando estabilidade. Será adicionado, ainda, um capacitor, cuja finalidade é o acúmulo de capacitância. O microfone, bem como o capacitor são polarizados, e seus polos devem ser verificados durante a montagem, o polo negativo do microfone deve ser ligado ao aterramento e o polo positivo deve ser ligado a um resistor e posteriormente à corrente contínua, já o capacitor deverá ter seu polo positivo ligado à corrente contínua enquanto o seu polo negativo determina a saída.

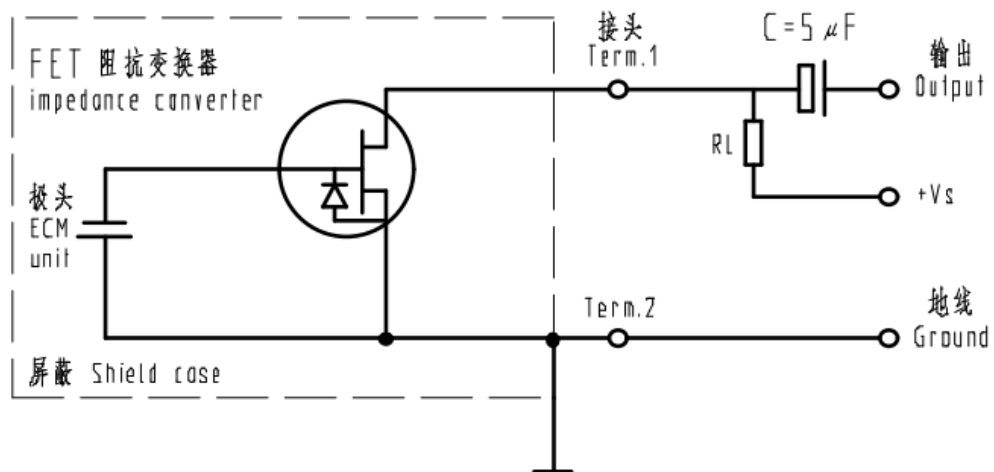


Figura 4 – Circuito do Microfone [22].

O microfone montado a partir do datasheet da figura 3 funciona como captação de um sinal de áudio. Como deve-se criar um protótipo de alta sensibilidade, capaz de obter o sinal de áudio das microbolhas geradas pelo aumento de temperatura, será acrescentado um transistor, conforme figura 4. O transistor será do tipo NPN, modelo 2n5551, e terá a finalidade de amplificar as ondas sonoras recepcionadas.

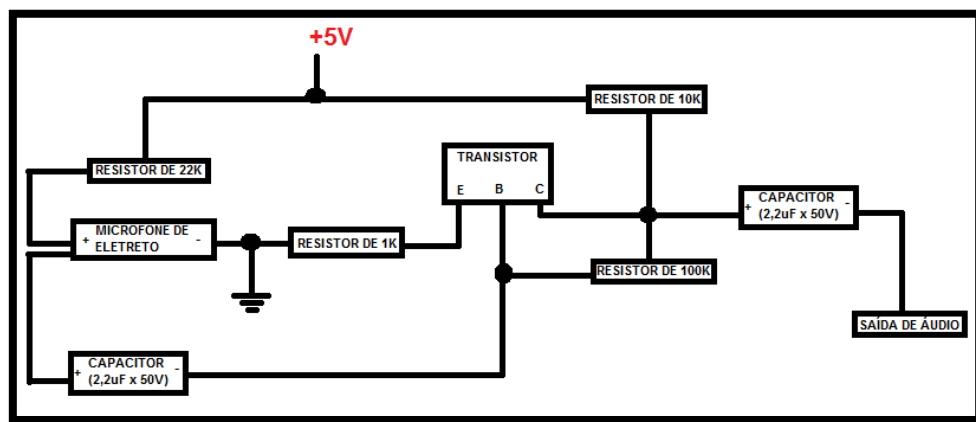


Figura 5 – Protótipo do microfone associado a um amplificador.

### 2.2.5 Protótipo do Hidrofone

Um hidrofone nada mais é do que um microfone resistente a água e capaz de captar ondas sonoras no meio líquido. Com o objetivo de captar o som produzido pelas microbolhas que surgem no processo de ebulição da água, o microfone, bem como seus pinos, caso haja necessidade, serão revestidos de uma camada protetora de cola quente, com o objetivo de possibilitar a sua inserção na água sem danificar o sistema. Entretanto, por se tratar de um processo de ebulição e devido ao líquido estar em rápido processo de aumento de temperatura, o dispositivo será inserido rapidamente, assim que as primeiras microbolhas

começarem a surgir. Serão captadas as ondas sonoras antes, durante e no fim do processo de ebulição. Esses sinais serão comparados a fim de distinguir o sinal sonoro produzido pelas microbolhas e, semelhante ao item anterior, gerar um sinal de alerta ao cirurgião caso identifique aumento abrupto de temperatura.

### 3 TESTES PRELIMINARES E RESULTADOS

Foram utilizados para o protótipo: 1 microfone de eletreto, 2 capacitores eletrolíticos de 2,2 por 50V, 1 transistor NPN (do tipo 2n5551) e 4 resistores de resistências, especificamente, 1k/10k/100k/22k. Foi utilizado o diagrama da figura 4 para montagem do protótipo de testes. O circuito foi montado a partir da solda dos dispositivos, com ponta de solda de 30W de potência e fio de estanho com diâmetro de 1mm. O circuito montado foi então conectado a um gerador e a um osciloscópio, conforme visualiza-se nas figuras 5 e 6, percebe-se que, com a finalidade de deixar o microfone mais maleável e distante do restante da montagem, foram utilizados dois fios de cobre em sua soldagem.

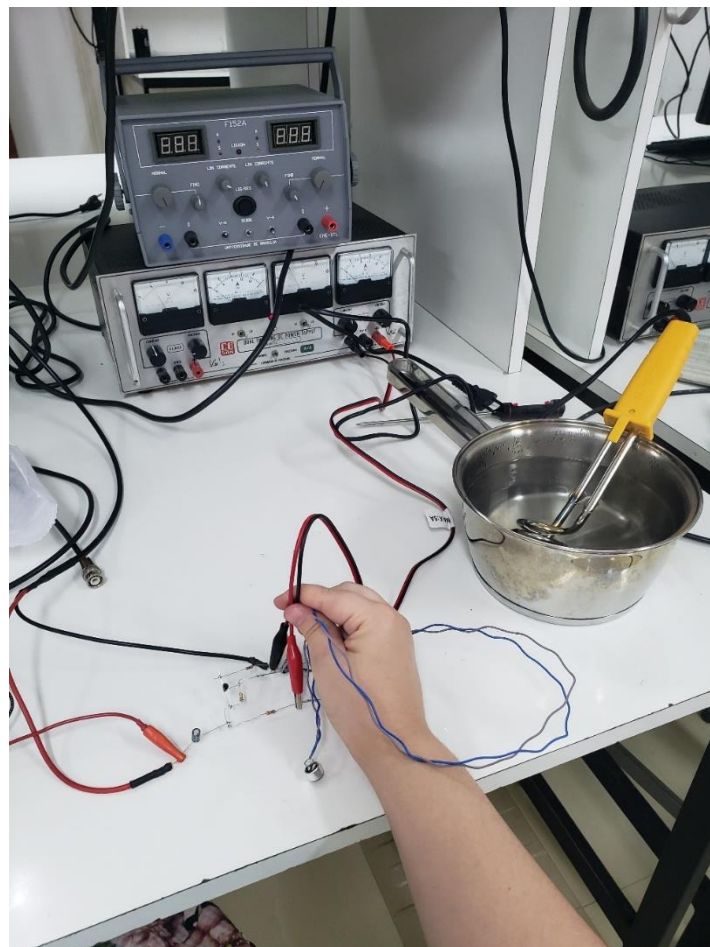


Figura 6 – Circuito Montado.

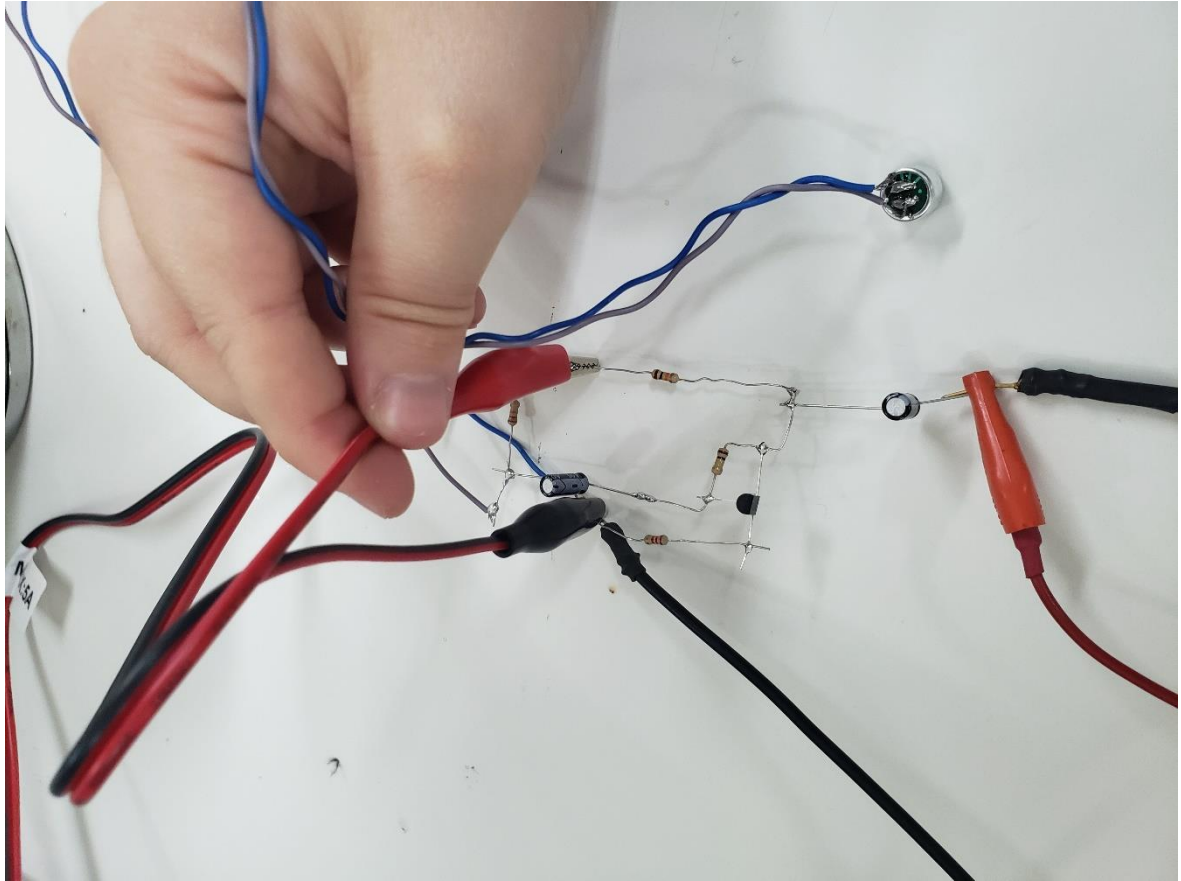


Figura 7 – Circuito Montado aproximado.

O microfone utilizado foi o microfone de eletreto, devido ao seu tamanho reduzido e a sua capacidade de captação sonora. O microfone foi acoplado aos resistores, para garantir segurança ao protótipo e evitar que a corrente queimasse o dispositivo, o microfone foi acompanhado do transistor – que neste caso foi utilizado como amplificador – para uma alta sensibilidade a sons. Por fim, foram conectados capacitores, com o objetivo de acúmulo da carga elétrica. A tensão utilizada foi de 5V, no modo contínuo, e a saída de áudio foi ligada no osciloscópio para análise da curva sonora gerada. A curva gerada pode ser visualizada na figura 7 e demonstra que o circuito foi montado corretamente e que ele capta as ondas sonoras ao seu redor, no caso um sinal de voz executado para analisar se houve êxito na montagem.

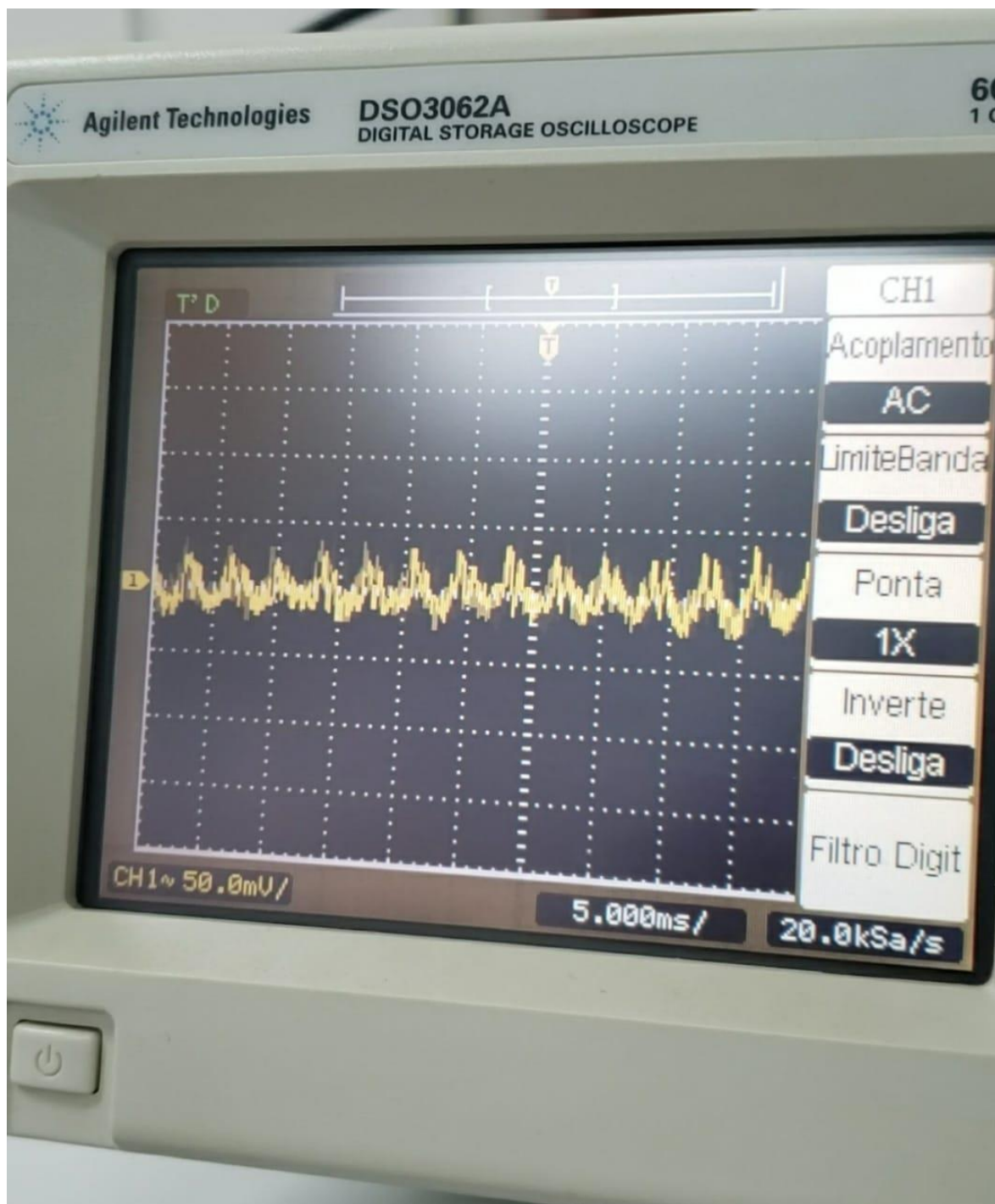


Figura 8 – Teste de captação de áudio.

Utilizando uma panela com água e um mergulhão, simulou-se o ambiente interno do esôfago durante a ablação por RF. A água foi utilizada no lugar do sangue, a panela representaria as paredes do órgão e, por fim, o mergulhão foi utilizado para gerar o aumento de temperatura ocasionado pelo cateter durante a cirurgia. A panela utilizada foi de aço inox e a água utilizada foi a água de torneira. Um termômetro culinário foi utilizado para aferição da temperatura. A montagem deste ambiente de simulação pode ser vista na figura 8.





Figura 9 – Ambiente de simulação.

Após a montagem do ambiente aquoso de simulação (figura 8) e do circuito devidamente alimentado (figura 5), esperou-se que a água esquentasse para aferição das ondas sonoras. Primeiramente o microfone foi aproximado do líquido, conforme figura 9 e gerou as ondas sonoras captadas pelo osciloscópio e apresentadas na figura 10.



Figura 10 – Ambiente do teste 1.

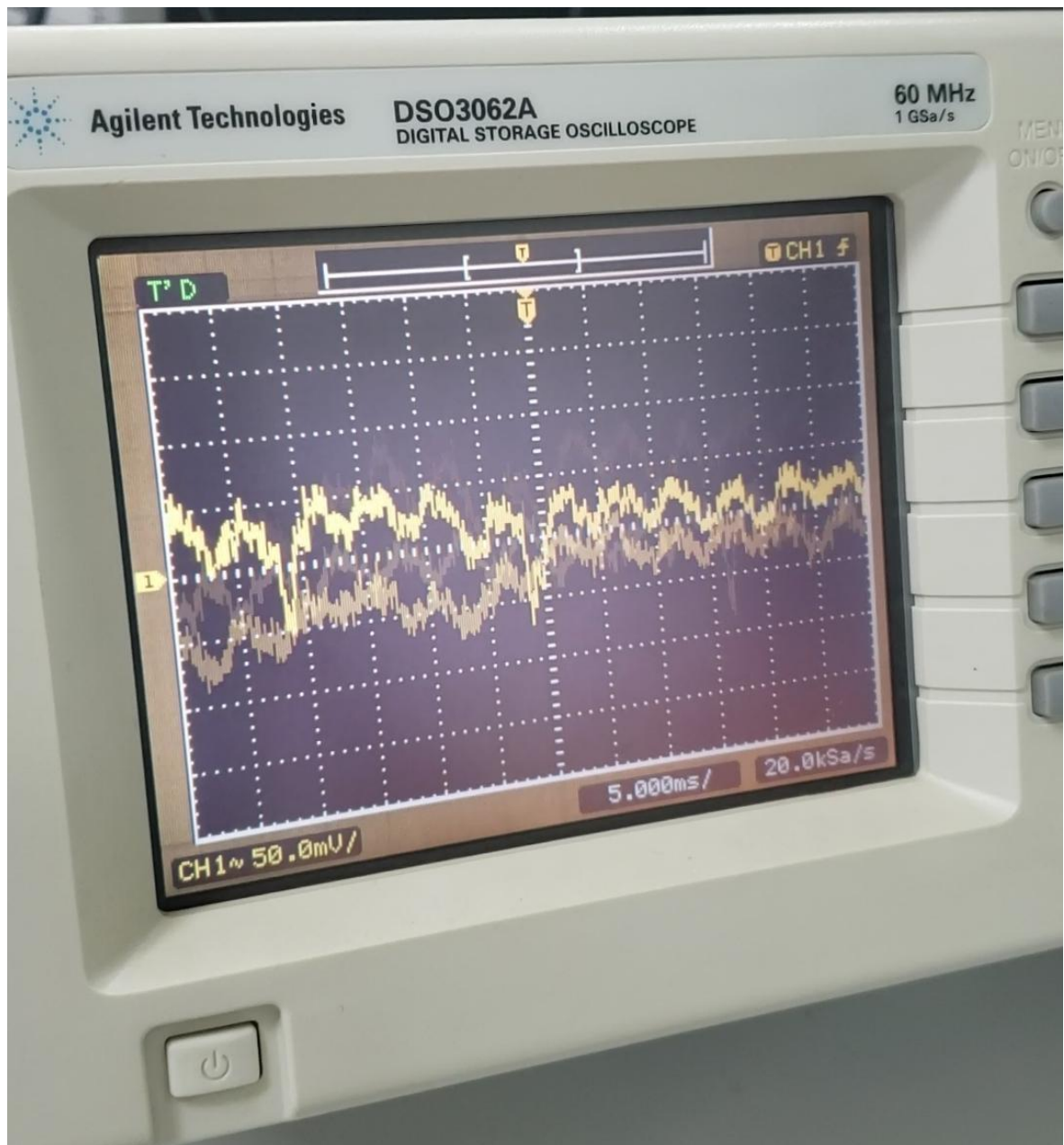


Figura 11 – Captação de ondas sonoras no teste 1.

Após o primeiro teste, com o microfone próximo à água, iniciou-se o segundo teste, com a parte inferior do microfone inserida no líquido. Ao contrário das suposições iniciais, o microfone não foi danificado pelo contato com o líquido e continuou captando as ondas sonoras. O ambiente de simulação do segundo teste pode ser verificado na figura 11 e o respectivo resultado, ou seja, a forma de onda captada no osciloscópio, na figura 12.



Figura 12 – Ambiente de Simulação do teste 2.



Figura 13 – Captação de onda sonora do teste 2.

Por fim, após o êxito no segundo teste, que consistia na inserção da parte inferior do microfone no líquido, foi realizado o teste 3. O teste 3 dispôs do posicionamento da parte inferior do microfone de forma adjacente a parede externa da panela, assim, verificou-se que o microfone obteve sucesso na captação das ondas sonoras por meio do meio sólido do aço em que estava em contato. O ambiente de simulação do teste 3, bem como a onda sonora captada pelo osciloscópio, encontram-se nas figuras 13 e 14, respectivamente.



Figura 14 – Ambiente de simulação do teste 3.

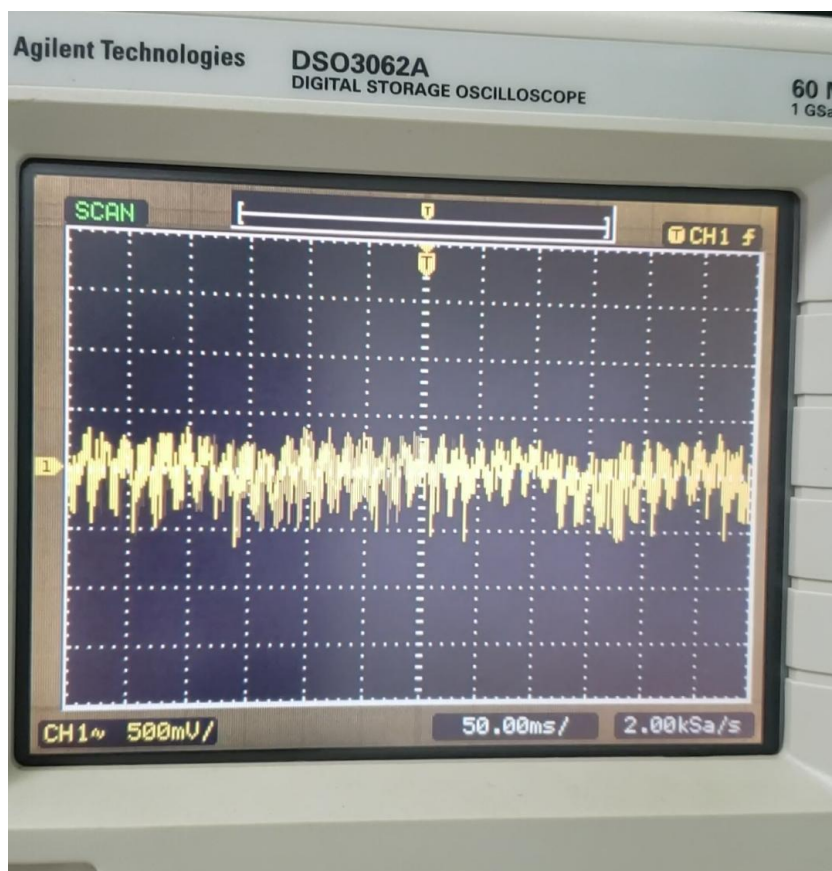


Figura 15 – Onda sonora captada no teste 3.

## 4 TESTES FUTUROS SUGERIDOS

### 4.1 TESTES IN VITRO COM TECIDOS BIOLÓGICOS

Testes futuros podem ser feitos com tecidos biológicos retirados do abate bovino, por exemplo. Utilizando o esôfago e o coração do boi, em meio sanguíneo, com temperatura controlada. Poderiam ser executados dois testes, o primeiro inserindo o circuito dentro do esôfago e o segundo posicionando o circuito na parede externa do esôfago. A eficácia do circuito pode ser medida semelhantemente aos testes executados anteriormente.

### 4.2 SENSIBILIDADE E ESPECIFICIDADE

Um possível teste seria a construção de um aparato experimental usando peças com tecidos de coração e, se possível de esôfago, complementado com peças que permitam uma montagem que permita a colocação de uma ponta de cateter, e, do outro lado, um grande eletrodo dispersivo. Em uma posição adequada, poderia ser colocado o microfone de eletreto. Então, poderiam ser feitos diversos experimentos, em diferentes posições, e em diferentes situações. Em alguns experimentos, o experimento poderá ser interrompendo-se a ablação em diversas etapas, indo do início do surgimento de sons de microbolhas até um pouco depois do sinal. Após cada parada, a região que sofreu ablação pode ser cortada e separada para futura análise. A análise poderia ser feita com cuidadosa dissecação do tecido. Depois, poderia ser feito o experimento com parada em várias etapas após o surgimento de “popping sounds”. E a mesma análise, usando também dissecação, poderia ser feita. Com esse experimento, caso haja sucesso, seria possível traçar uma correlação temporal entre os sons e o surgimento de diversos tipos de lesão.

Caso os experimentos acima sejam bem-sucedidos, um outro teste que poderia ser feito envolveria a capacidade de prever ou não o surgimento de fístulas. Os testes podem ser usados para tentar fazer a predição. Depois, poderiam ser tabulados os seguintes resultados: falsos positivos, verdadeiros positivos, falsos negativos e verdadeiros negativos. A partir disso, pode ser feita a matriz denominada “matriz de confusão”, com a qual é possível o cálculo de diversos parâmetros, como as citadas a seguir.

Sensibilidade é tida como a capacidade de se avaliar um grupo de pessoas em que se suspeita que estejam doentes e, por meio de testes, identificar àqueles que realmente estão doentes, ou seja, é um parâmetro que identifica a porcentagem de pessoas que testam positivo para a doença, entre os suspeitos [15].

Já a especificidade é a capacidade de, dado o mesmo teste, ter-se um resultado negativo. Utiliza-se uma amostra de indivíduos que não apresentem a doença avaliada [15].

Dessa forma, por exemplo, um teste com sensibilidade de 80% deixaria de confirmar dentre os avaliados, a hipótese diagnóstica de 20 indivíduos, entre 100. Assim como, um

teste com especificidade de 80% avaliaria como doentes 20 pessoas dentre 100, que na verdade estão saudáveis [15].

A sensibilidade, portanto, mede a proporção de verdadeiros positivos entre os casos, já a especificidade, mede a proporção de verdadeiros negativos entre os casos [16].

### 4.3 MATRIZ DE CONFUSÃO

A matriz de confusão mede, de forma efetiva, o número de classificações corretas versus as classificações preditas para cada classe, a partir de conjunto de exemplos. Os resultados são avaliados em duas dimensões, uma que especifica as classes verdadeiras e outra que especifica as classes prediletas [17].

O número de acertos é obtido na diagonal principal da matriz e os demais representam erros na classificação, sendo os dois erros possíveis, o falso negativo (quando o resultado correto seria positivo mas acusou erroneamente negativo) e o falso positivo (quando o resultado correto seria negativo mas acusou erroneamente positivo) [17].

## 5 CONCLUSÃO

A ACRF é o tratamento mais eficaz para a FA, uma arritmia cardíaca. Embora seja um tratamento seguro para a população que desenvolve esse tipo de transtorno, ou seja, 0,4% da população mundial [8], há uma taxa de incidência de fistula átrio esofágica em 1,7% das pessoas submetidas a ACRF [20]. A fistula átrio esofágica é um canal aberto entre o AE e o esôfago, por onde fluidos podem circular de um órgão a outro, levando o paciente a óbito.

Acredita-se que a fistula átrio esofágica ocorre devido ao súbito aumento de temperatura, ocasionado pelo cateter do procedimento de ACRF, que nada mais é do que a cauterização de pontos específicos do coração para evitar a continuidade da FA. Durante a cauterização, o esôfago que se encontra muito próximo ao AE, pode sofrer um súbito aquecimento que leva a abertura de tuneis entre os dois órgãos.

A partir do problema apresentado, e da necessidade de um melhor controle acerca do possível superaquecimento, pelo cirurgião, surgiu o conceito de um equipamento que clareasse a situação interna do esôfago ao médico. Tal equipamento deveria permitir que o profissional premeditasse a fistula a tempo de evitá-la.

Por meio da necessidade explicitada, foi criado um circuito a partir de um microfone de eletreto, capaz de captar e transmitir as ondas sonoras referentes à mudança de temperatura de um líquido. O sistema testado apresentou bons resultados de captação.

Tal sistema consiste em um microfone de alta sensibilidade, os testes foram executados utilizando uma panela contendo água não-destilada, que foi exposta a um processo de aquecimento por meio de um mergulhão. O microfone foi conectado à uma corrente elétrica contínua de 5 V e ao osciloscópio, para leitura das ondas dos sinais formados. Feito isto, o microfone foi posicionado de três formas diferentes: próximo ao líquido, inserido no líquido e adjacente à parede da panela. As três formas de posicionamento detectaram as respectivas ondas sonoras com louvor.

O circuito foi montado com foco nos resultados, a partir de componentes acessíveis economicamente. O projeto, embora tenha tido resultados positivos, não representa o protótipo final de um dispositivo que possa captar os sinais sonoros de dentro do corpo humano. Por se tratar de um circuito resistente a água, e não à prova de água, não poderia ser inserido em um meio aquoso, como por exemplo, dentro do esôfago. Outro desafio a ser enfrentado seria o tamanho do dispositivo, que deveria ser suficientemente pequeno, a ponto de não produzir desconforto no paciente.

Portanto, o projeto apresentado diz respeito à estrutura de captação de áudio, bem como os componentes necessários para sua execução. Desta forma, o presente documento tem por objetivo auxiliar novos projetos, que possam torná-lo viável. A solução viável para a proposta do circuito de captação de áudio deve incluir: diminuir o seu tamanho físico, torná-lo à prova d'água e conecta-lo ao meio externo de forma mais simples e eficaz, por meio de conexões sem fio.

Adicionalmente, foi apresentada uma proposta preliminar de possíveis testes de eficácia, e avaliação da real viabilidade da metodologia imaginada.

Por fim, conclui-se que o sucesso do experimento se deu inteiramente devido a capacidade do circuito de captar as ondas sonoras referentes as microbolhas formadas na água em um processo de aquecimento.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Martinelli, Martino. Diretriz de fibrilação atrial. Sociedade Brasileira de Cardiologia. (Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0066-782X2003002000002&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0066-782X2003002000002&script=sci_arttext) – acessado em 20/02/2021).
- [2] Pivatto, Fernando; Teixeira, Guaracy; Sant’ana, João; Mondim, Pablo; Prates, Paulo; Nesralla, Ivo; Kalil, Renato. “Idade avançada e incidência de fibrilação atrial em pós-operatório de troca valvar aórtica”.(Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-76382014000100010&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-76382014000100010&script=sci_arttext&tlng=pt) – acessado em 20/02/2021)
- [3] Debona, Kamila. “Cuidado de enfermagem centrado no homem cardiopata: proposta de um guia assistencial para a alta hospitalar. (Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revistadc/article/view/86096/88791> - acessado em 21/02/2021)
- [4] Breda, João; Breda, Ana; Menneguini, Adriano; Freitas, Andréa; Pires, Adilson. “Ablação operatória da fibrilação atrial por radiofrequência”.(Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-76382008000100019&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-76382008000100019&script=sci_arttext) – acessado em 22/02/2021)
- [5] Amarante, Ricardo. “Eficácia e segurança da técnica do desvio mecânico na prevenção do aquecimento do esôfago na ablação da fibrilação atrial com cateter por radiofrequência”. (Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/98/98131/tde-24072020-151438/publico/TeseRicardoCarneiroAmarante.pdf> - acessado em 22/02/2021)
- [6] Faria, Sylvia; Rocha, Adson; Rosa, Suélia. “Módulo para medição e controle da temperatura no esôfago durante o procedimento da ablação cardíaca”. (Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/36914> - acessado em: 22/02/2021)
- [7] F. A. Justo and A. F. G. Silva, “Aspectos epidemiológicos da fibrilação atrial,” Rev. Med., vol. 93, no. 1, p. 1, 2014, doi: 10.11606/issn.1679-9836.v93i1p1-13. (Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0066-782X2003002000002](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2003002000002) - acessado em: 04/03/2021)
- [8] FABRO, Caroline Bernardi; FILHO, Dário Celestino Sobral; GÓES, Gustavo Henrique Belarmino; FOLLE, Johnny Dreher; AMORIM, Lucyeli Luna Lopes de. “Qualidade de vida nos pacientes com fibrilação atrial”. (Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/27876> - acessado em: 04/03/2021)
- [9] SCANAVACCA, Mauricio. Ablação da Fibrilação Atrial na Atualidade: Alerta para Prevenção e Tratamento das Lesões Esofágicas. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo, v. 106, n. 5, p. 354-357, May 2016. (Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0066-782X2016000500354&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0066-782X2016000500354&script=sci_arttext&tlng=pt) - acessado em: 04/03/2021)
- [10] CAON, Bárbara; HSU, Jéssica; PACHECO, Rafael leite; GÓIS, Aécio Flávio Teixeira de; RIERA, Rachel; THIAGO, Luciana. Evidências de revisões sistemáticas cochrane sobre o tratamento da fibrilação atrial. (Disponível em:

[https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/04/882171/rdt\\_v23n1\\_33-41.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/04/882171/rdt_v23n1_33-41.pdf) - acessado em: 04/03/2021).

- [11] PAÇO, Patrícia. “ANÁLISE DO IMPACTO ORÇAMENTÁRIO NO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE DA CRIOAÇÃO DA FIBRILAÇÃO ATRIAL”. (Disponível em: <http://200.20.108.73:8080/xmlui/bitstream/handle/374/100/Patricia%20Pa%c3%a7o%20-%20CC.pdf?sequence=1&isAllowed=y> – acessado em: 12/03/2021)
- [12] MAGALHAES, LP et al . II Diretrizes Brasileiras de Fibrilação Atrial. **Arq. Bras. Cardiol.**, São Paulo , v. 106, n. 4, supl. 2, p. 1-22, Apr. 2016. (Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0066-782X2016003100001](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2016003100001) - acessado em: 04/03/2021).
- [13] BRENDA, João Roberto et al . Avaliação inicial da ablação operatória biatrial por radiofrequência de fibrilação atrial. **Rev Bras Cir Cardiovasc**, São José do Rio Preto , v. 25, n. 1, p. 45-50, mar. 2010 . (Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-76382010000100012&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-76382010000100012&lng=pt&nrm=iso)>. acessos em 17 maio 2021. <https://doi.org/10.1590/S0102-76382010000100012>).
- [14] GUIMARÃES, Carolina. “Exames de laboratório: sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo. (Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v18n2/09.pdf>.. Acessado em 17/04/2021).
- [15] FREITAS, Jaqueline de Paula Chaves and ALBERTI, Luiz Ronaldo. Aplicação da Escala de Braden em domicílio: incidência e fatores associados a úlcera por pressão. *Acta paul. enferm.* [online]. 2013, vol.26, n.6 [cited 2021-05-17], pp.515-521. (Available from: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-21002013000600002&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002013000600002&lng=en&nrm=iso)>. ISSN 1982-0194. <https://doi.org/10.1590/S0103-21002013000600002>).
- [16] Apostila do curso de Eletrica, UFF. “Introdução à Eletrônica Básica. (Disponível em: <http://www.peteletrica.uff.br/wp-content/uploads/2014/07/Apostila-de-Eletr%C3%B4nica-B%C3%A1sica.pdf> Acessado em 17/04/2021).
- [17] [BRENDA, João; BRENDA, Ana; MENEGUINE, Adriano; FREITAS, Andréa; PIRES, Adilson](#). “Ablação operatória da fibrilação atrial por radiofrequência”. (Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbccv/v23n1/v23n1a19.pdf> acessado em 17/05/2021).
- [18] RECKLEY, Lauren K. et al . Fístula do palato mole após ablação por radiofrequência para o tratamento de ronco primário: relato de caso e revisão de literatura. **Braz. j. otorhinolaryngol.**, São Paulo , v. 86, supl. 1, p. s20-s22, Dec. 2020 . (Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1808-86942020000700008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-86942020000700008&lng=en&nrm=iso)>. access on 17 May 2021. Epub Jan 08, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2017.02.005>).
- [19] Microfone condensador de eletreto. Datasheet. Disponível em: <https://cromatek.com.br/datasheet/componentes-diversos/capsula-de-eletreto-CTK-ECM6050CP-114008-com%20pinos.pdf> acessado em 10/05/2021).
- [20] Chik WWB, Kosobrodov R, Bhaskaran A, Barry MAT, Nguyen DT, Pouliopoulos J, Byth K, Sivagangabalan G, Thomas SP, Ross DL, McEwan A, Kovoor P, Thiagalingam

A. Acoustic signal emission monitoring as a novel method to predict steam pops during radiofrequency ablation: preliminary observations. *J Cardiovasc Electrophysiol.* 2015 Apr;26(4):440-447. doi: 10.1111/jce.12598. Epub 2015 Feb 14. PMID: 25516233.