

Aquisição, processamento e análise de sinais ECG com Raspberry pi

Arthur campelo- 180116711

Filipe Antunes- 180041762

Resumo. É notório o avanço das tecnologias embarcadas nos dispositivos médicos ao longo dos últimos anos. No que se refere aos equipamentos de diagnósticos, ressalta-se a utilização dos equipamentos que monitoram os sinais vitais como ECG. Esse trabalho busca compreender o funcionamento e aquisição do sinal de eletrocardiograma, assim como o processamento do sinal adquirido e sua visualização de forma lúdica e interativa, condicionando a frequência cardíaca à uma nota musical utilizando-se de microcontroladores como a placa raspberry pi e sensores. Contribuindo para o avanço das tecnologias assistivas e tornando mais acessível esse tipo de diagnóstico.

I. INTRODUÇÃO

O eletrocardiograma é um exame que avalia a atividade elétrica do coração através de eletrodos fixados na pele. Seu objetivo é detectar o ritmo do coração e o número de batimentos por minuto (bpm), consequentemente é possível diagnosticar diversas complicações, como: doenças genéticas, infarto do miocárdio, aumento de cavidades cardíacas, hipertrofia das câmaras cardíacas, distúrbios na condução elétrica do órgão e doenças coronarianas. Além disso, o exame também faz parte do check up de saúde do coração no caso de outras condições presentes, tais como hipertensão, colesterol alto, diabetes e histórico familiar de doença cardíaca, além de ser muito importante para pessoas que iniciaram a prática de atividade física.

No que se refere à estruturação teórica deste trabalho é importante destacar que existe muito material que trata a respeito da leitura do sinal ECG e sua representação gráfica haja vista os materiais referenciados nas bibliografias [3] e [4]. No entanto, não existe muita bibliografia a respeito de outras formas de representação, nem mesmo da utilização de outras ferramentas para sua obtenção, onde a maioria dos trabalhos focam na utilização do arduino. O que levou a utilização da Raspberry neste trabalho foi a sua capacidade de processamento e de armazenamento, em que as possibilidades de tratar os dados advindos do sensor ECG seriam muitas, abrindo caminho para trabalhos futuros como a detecção de doenças relacionadas ao coração através da análise do sinal ECG [2]. Em material disponível na bibliografia [1] deste trabalho é possível notar a utilização de um microcontrolador Raspberry, no

entanto a forma de visualização e utilização dos dados adquiridos pelo sensor ECG se diferem do apresentado por este trabalho. Nota-se ainda, na bibliografia [6] uma das mais diversas opções de utilização que podem contribuir bastante para a melhoria e redução de custos no que se refere a monitoramento de sinais vitais. Em suma, além do que tange a parte de hardware já descrita acima, destaca-se também o material referenciado em [7] que trata a respeito do software puredata utilizado para processar o sinal ECG e transformá-lo em uma saída sonora de acordo com sua frequência.

II. JUSTIFICATIVA

É de grande importância a realização do exame ECG para o diagnóstico de várias doenças e a sua ampla utilização dentro do ambiente hospitalar. No entanto, nem todos os pacientes têm acesso a esse tipo de exame devido ao fato de que os equipamentos capazes de realizar o ECG atualmente disponíveis no mercado são de custo elevado e com diversos problemas de usabilidade. Pesquisas que buscam facilitar, dar agilidade ao diagnóstico e baratear os custos de produção dos equipamentos médicos têm proporcionado grandes descobertas na área e que por conseguinte facilita o trabalho dos profissionais da área de saúde e a segurança dos pacientes.

III. OBJETIVO

Dante do exposto, este projeto tem como objetivo a criação de um sistema capaz de realizar o exame ECG e apresentá-lo de forma mais interativa e usual ao paciente

e ao profissional da saúde que realizará o exame, de forma análoga, busca-se também, diminuir os custos de produção desse equipamento tornando-o mais acessível para o consumidor final.. O que se pretende apresentar com o projeto é uma maneira mais simplificada e lúdica de se entender um sinal de ECG utilizando-se de artifícios diferentes para visualização do sinal como a sua forma sonora e gráfica.

IV. REQUISITOS PARA O PROJETO

Para a aquisição do sinal ECG será necessário a utilização de um módulo ECG capaz de identificar o sinal, amplifica-lo e filtrá-lo, posteriormente esse sinal deve ser interpretado pela raspberry pi, no entanto como o sinal é analógico, deve-se usar um conversor ADC para conectar o módulo ECG com a raspberry pi. Por fim, após ser processado o sinal pelo microcontrolador, ele será enviado para o software puredata, que será capaz de interpretar esse sinal e convertê-lo em música. O último passo será enviar para a saída de áudio da raspberry a saída vinda do software puredata. Abaixo estão relacionados todos os componentes necessários para montagem do circuito:

Lista de matérias	
Quantidade	Componentes
1	Raspberry pi model 3 B+
1	Módulo de pulso cardíaco ECG AD8232
1	Display lcd ou monitor
1	Protoboard
1	Arduino Uno R3

Tabela 1. Lista de componentes.

V. ESPECIFICAÇÕES DOS COMPONENTES

- **Raspberry pi model 3 B+**

Raspberry pi é uma linha de mini-computadores de placa única. Na placa há uma GPU e CPU juntas e outras conexões como USB, HDMI, câmera, entrada P2 e Ethernet.

Existem 4 gerações com algumas versões, no projeto será usado o modelo 3 B + que possui memória RAM de 1 GB, com 4 Núcleos e clock de 1.2 GHz. Lançado em 2018 por 35 dólares.



Figura 1. Placa Raspberry pi modelo B+.

- **Módulo pulso cardíaco com eletrodos AD8232**

Este sensor é utilizado para medição da atividade elétrica do coração, esta atividade pode ser mapeada como um eletrocardiograma, fornecendo os dados através de leituras analógicas.

Os sinais analógicos do coração contém ruídos e necessitam ser amplificados, no módulo possui um circuito que irá filtrar e amplificar os pequenos sinais.

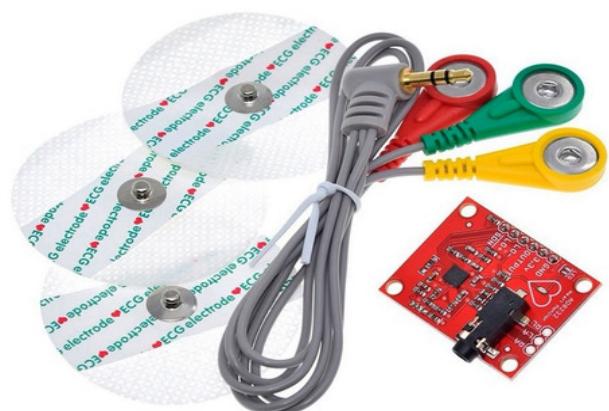


Figura 2. Sensor ECG AD8232

- **Display LCD ou monitor**

Para visualização do sistema operacional e dos gráficos pode-se utilizar um tela LCD para raspberry pi de 3.5 polegadas que conecta na pinagem ou um monitor com conexão HDMI.

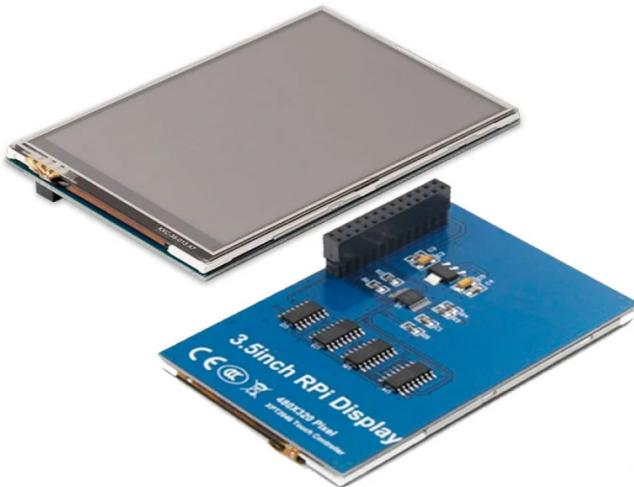


Figura 3. Display LCD RPI 3.5 polegadas.

• Arduino Uno R3

Para Raspberry receber os sinais analógicos do sensor ECG será necessário a utilização do arduino uno para receber os dados analógicos do sensor ECG e convertê-los em dados digitais para enviá-los para a raspberry processá-los.



Figura 4. Arduino Uno R3.

VI. ESPECIFICAÇÕES DE SOFTWARE

Dois principais recursos serão utilizados nesse projeto para desenvolver o software do sistema que será capaz de ler um dado de sinal ECG e transformá-lo em uma saída sonora. A primeira ferramenta é o arduino ide, essa interface de desenvolvimento é utilizada pelo arduino para poder compilar e gravar os códigos executáveis na

própria placa e pode ser baixada em qualquer sistema operacional. A segunda ferramenta é o software PureData, esse software é capaz de processar e reproduzir sinais sonoros. Muito utilizado por músicos, o software PureData será utilizado no projeto para fazer a conversão do sinal digital de ECG que chega na placa raspberry e o transforma em uma saída sonora de acordo com a sua frequência. Além disso, o código utilizado pela raspberry para a leitura dos dados advindos do arduino e posteriormente salvos e enviados para o software puredata é desenvolvido em linguagem python e possibilita o recebimento desses dados de forma serial.

VII. METODOLOGIA

Para a realização do projeto, o circuito deve seguir o seguinte fluxograma de montagem e conexão entre os seus componentes:

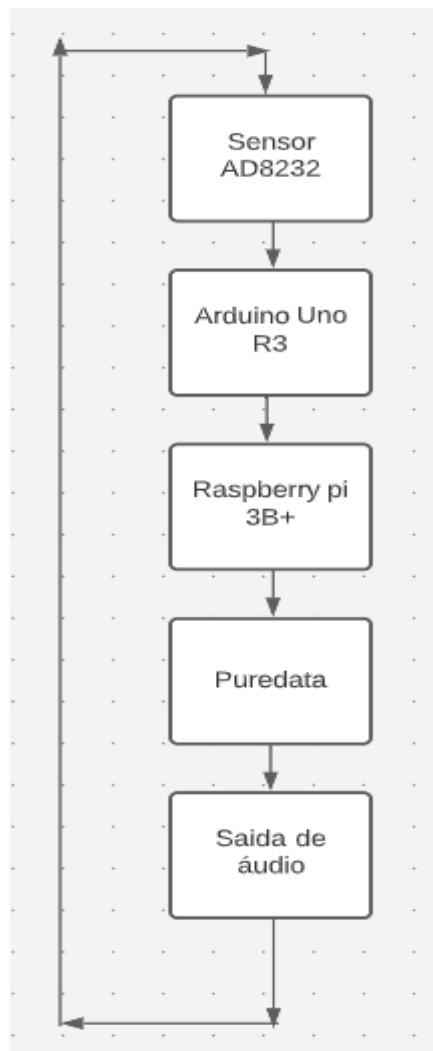


Figura 5. Fluxograma representativo da conexão e montagem do projeto.

A montagem do circuito foi realizada da maneira como descreve a figura 5, em que conecta-se o módulo ECG AD8232 com a protoboard, logo utiliza-se os pinos de saída do módulo para conectar-se com o arduino uno R3 para converter o sinal analógico advindo do módulo e transformá-lo em um sinal digital. Posteriormente utiliza-se a saída do arduino para conectar-se de forma serial com a Raspberry pi. Em seguida conecta-se também à saída de áudio da placa microcontroladora um alto falante ou um monitor de vídeo que possua saída de áudio integrada.

Para a realização do projeto existem dois pontos principais de atenção e que são considerados críticos, sendo o primeiro deles a conexão entre os componentes e a melhor forma de se fazer a aquisição do sinal ECG, por mais que os equipamentos selecionados para essa tarefa possuam boas especificações e filtros, existem alguns obstáculos para a leitura correta desse sinal como a interferência de artefatos na leitura do sinal, a movimentação do paciente e o principal de todos a elaboração de um código em linguagem C capaz de traduzir todas essas informações e mostrá-las no display LCD. O segundo ponto crítico e de maior dificuldade nesse projeto é o processamento do sinal digital (já convertido pelo arduino e enviado para a raspberry) pelo software Puredata, como a saída deve ser em forma sonora, deve-se fazer a conversão da escala de frequência dos batimentos cardíacos na escala de frequência das notas musicais e posteriormente, garantir que esses cálculos estão corretos e enviá-los para a saída de áudio da raspberry pi.

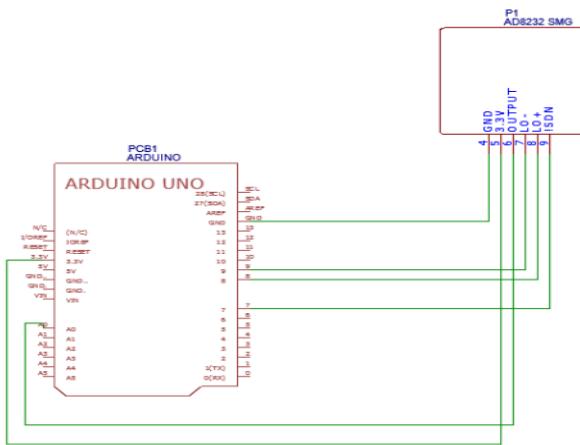


Figura 6. Representação da conexão e pinagem entre o sensor ad8232 e o arduino uno R3.

Após a montagem do circuito da figura 6, é necessário desenvolver o código na interface do arduino IDE

(disponível em anexo) para habilitar a aquisição e demonstração do sinal ECG.

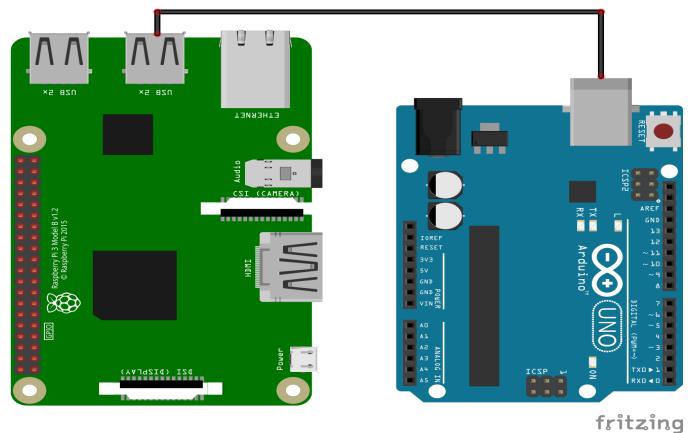


Figura 7. Representação da conexão serial entre o arduino uno R3 e a raspberry pi 3B +.

Logo após a aquisição do sinal ECG pelo arduino, ele deve ser enviado para a placa raspberry pi, o arduino faz a conversão do sinal analógico para digital e comunica-se com a raspberry de forma serial de acordo com a figura 7. Em seguida deve-se desenvolver o código (disponível em anexo) na placa raspberry pi capaz de receber os dados do sensor ECG advindos do arduino, esse código também é capaz de salvar esses arquivos e enviá-los para o software puredata.

VIII. RESULTADOS

Como resultados preliminares, o circuito montado para o desenvolvimento do trabalho proposto, se mostrou capaz de realizar a aquisição e filtragem do sinal ECG e enviá-lo para a placa de desenvolvimento raspberry através de conexão serial com o arduino, esse que faz a conversão do sinal analógico em digital.

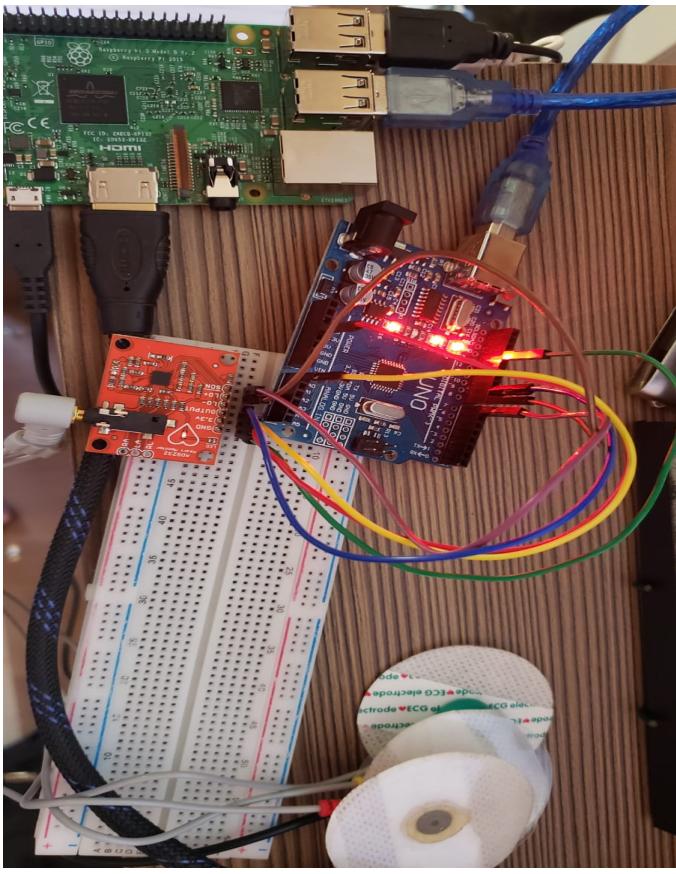


Figura 8. Foto do circuito montado para a aquisição do sinal ECG pelos sensores e envio para a placa de desenvolvimento Raspberry pi.

Alguns desafios foram encontrados ao montar o circuito da figura 8, problemas com mau conexão e pinagem tomaram bastante tempo na montagem do circuito, no entanto após a montagem correta, a aquisição do sinal ECG foi possível e os valores mostrados na figura 9, se mostraram realistas e capazes de representar bem a realidade, estavam de acordo com o esperado.

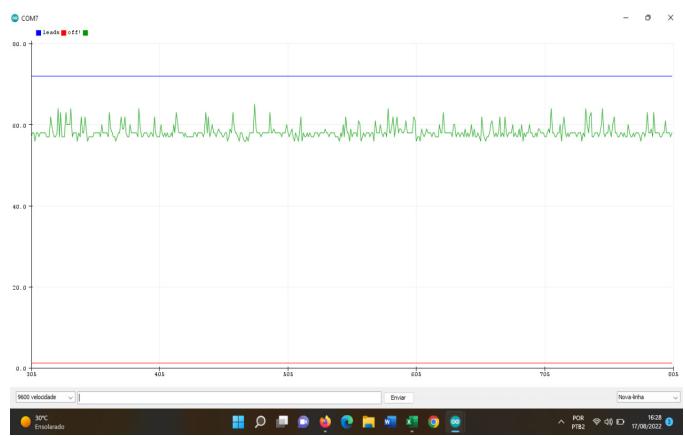
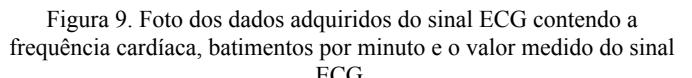


figura 10. Foto contendo o gráfico de variação cardíaca do sinal ECG adquirido pelo sensor.

É possível perceber que o gráfico ainda não está normalizado e não apresenta a forma correta como o esperado, essa questão ainda está sendo trabalhada para a normalização do gráfico para facilitar a sua compreensão.

Outro ponto crucial deste trabalho é o envio dos dados adquiridos pelo arduino, sua conversão e posterior envio para a placa raspberry. Nessa questão a opção de comunicação adotada foi a troca de informação por meio de conexão serial entre as duas placas e na figura 11 é possível perceber os valores de frequência cardíaca sendo mostrados na interface gráfica da raspberry pi.

A principal dificuldade nesta etapa do trabalho é salvar os dados recebidos na raspberry pi e enviá-los para o software PureData. Quanto a essa questão ainda não obtivemos sucesso e estamos trabalhando para encontrar a melhor maneira de salvar esses arquivos e enviá-los para o Puredata fazer o processamento e conversão dos valores de ECG em notas musicais.

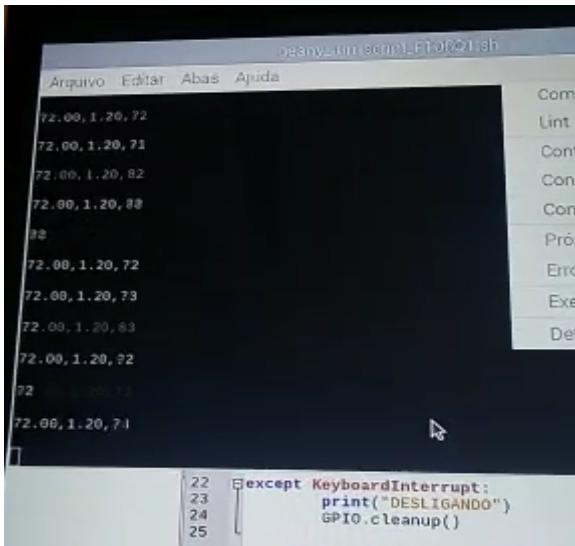


Figura 11. Foto dos dados adquiridos do sinal ECG contendo a frequência cardíaca, batimentos por minuto e o valor medido do sinal ECG sendo apresentados na interface gráfica da Raspberry pi.

Por fim, a última etapa desse projeto é o desenvolvimento dos dados recebidos através do software PureData, nessa plataforma os dados enviados pela raspberry serão processados e através de mecanismos do próprio software serão convertidos em notas musicais de acordo com o valor da frequência cardíaca informada. No entanto, como o problema citado no parágrafo anterior ainda não foi solucionado, a figura 12 mostra as etapas do processo de conversão dos dados de ECG em notas musicais sem o resultado da saída sonora ainda, pois o software ainda não está conseguindo receber de forma adequada os dados advindos do microcontrolador raspberry pi.

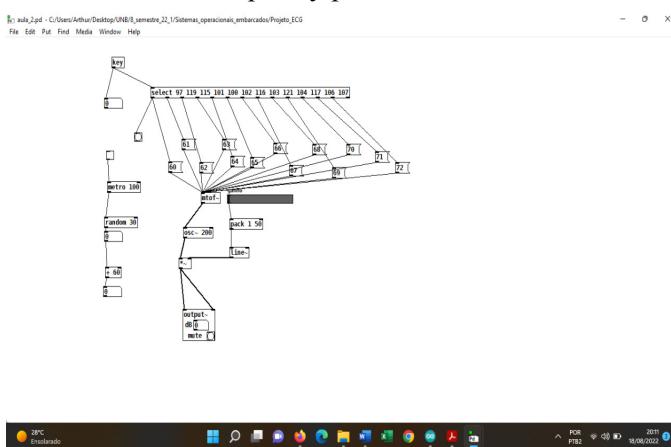


Figura 12. Interface do software PureData demonstrando o processo de conversão dos valores de frequência cardíaca recebidos e transformando-os em saídas sonoras.

Em suma, ainda existem alguns problemas a serem resolvidos no projeto para se atingir o objetivo proposto, esses problemas são a normalização do gráfico de sinal ECG plotado e a conexão entre o microcontrolador Raspberry pi e o software PureData, essa parte é crucial, pois deve-se salvar os dados no programa desenvolvido na raspberry pi para receber os dados advindos do arduino de forma adequada e compatível com as entradas aceitas pelo software PureData para a realização do processamento desses dados.

IX. DISCUSSÃO

Como proposto nesse projeto, a aquisição e processamento dos dados de ECG foram realizados utilizando-se do sensor ad8232 e o arduino em comunicação serial com a raspberry pi que por sua vez tinha a tarefa de processar os dados de ECG coletados. Podemos perceber pelos dados mostrados na figura 11 que o sensor está bem calibrado e que o código utilizado para processar e converter esses sinais estão funcionando corretamente haja vista que os valores encontrados de ECG em teste realizado condizem com o esperado para uma pessoa com as características semelhantes às características físicas dos dois autores desse projeto e que se submeteram ao teste do sensor.

Ressalta-se ainda que o programa desenvolvido no software PureData é capaz de modular diferentes valores de entrada e condicioná-los a diferentes notas musicais de acordo com sua frequência assim como proposto no início do projeto.

No entanto, algumas dificuldades foram encontradas durante a execução desse projeto. O principal desafio a ser solucionado é a conexão entre os dados recebidos na raspberry pi e a entrada de dados do programa desenvolvido no software PureData, logo, a conexão entre os dados advindos do sensor ecg ad8232 ainda não pode ser concluída como entrada do programa que modula a saída de áudio de acordo com a frequência dos dados de batimentos cardíacos.

Um dos caminhos propostos para se resolver esse problema de conexão é salvar os dados ECG que chegam na raspberry pi como arquivos com extensão .midi ou .wave. Uma das ferramentas que o software PureData dispõe são caixas de entrada e saída, uma dessas caixas de entrada pode ser o arquivo salvo na raspberry pi com o formato midi que normalmente é utilizado no programa mencionado acima como a entrada de algum instrumento como uma guitarra por exemplo. Alguns programas e projetos disponíveis online demonstram essa conexão.

Mediante a isso, é importante ressaltar que esse problema de conexão ainda é uma tarefa em andamento e que já foram encontradas algumas soluções no desenvolvimento desse projeto que tem a capacidade de resolver o problema apresentado anteriormente. Na figura 11, pode-se perceber que os dados que chegam na raspberry pi já estão sendo salvos automaticamente utilizando-se do código desenvolvido em linguagem python e que é capaz de salvar os valores de ECG em arquivos com extensão .txt, mas que no entanto, não é uma extensão aceita como entrada no software que modula a saída sonora do sinal ECG.

X. CONCLUSÃO

XI. BIBLIOGRAFIA

- [1] Aquisição e filtragem de sinais de ECG com Raspberry Pi e conversor AD-
<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/4809/2185>
- [2] J. Análise de algoritmos de compressão em sinais de ECG utilizando um sistema embarcado:
<https://sol.sbc.org.br/index.php/erbase/article/view/8539/8440>
- [3] John G. Webster, 'Encyclopedia of Medical devices and instrumentation', vol 1
- [4] Myer Kutz, 'Biomedical Engineering and design handbook'
- [5] R. Desenvolvimento de um eletrocardiógrafo de baixo custo utilizando um microcomputador RaspberryPI
<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/15804>
- [6] IoT based low-cost distant patient ECG monitoring system:
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8230>
- [7] Documentação Puredata
http://msp.ucsd.edu/Pd_documentation/index.htm