

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE DETECÇÃO E ANÁLISE DE BATIMENTOS CARDÍACOS USANDO PLATAFORMAS DE PROTOTIPAGEM ELETRÔNICA

SILVA, Yumi Marceliny Dias¹; SOTOMAYOR, Nilo Mauricio²

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo desenvolver um sistema de detecção e análise de batimentos cardíacos utilizando o microcontrolador Arduino Uno integrado ao módulo biomédico AD8232. Inserido na área da Engenharia Biomédica, o projeto propõe uma solução de baixo custo para o estudo inicial da aquisição e análise de sinais eletrocardiográficos (ECG), contribuindo para a formação prática de estudantes e para o avanço de tecnologias acessíveis aplicadas à saúde. As atividades desenvolvidas incluíram uma revisão bibliográfica sobre fisiologia cardíaca e fundamentos do ECG, a seleção de sensores e componentes adequados, a montagem do circuito eletrônico e a implementação de um software para visualização dos sinais em tempo real na plataforma Processing. Além disso, foi desenvolvido um software de simulação avançada de sinais de ECG, também em Processing, permitindo a análise comparativa entre sinais reais e simulados, bem como o estudo didático de diferentes padrões eletrocardiográficos. Os experimentos foram realizados em ambiente controlado, com disposição dos eletrodos segundo o triângulo de Einthoven e avaliação das condições de contato e ruído. Os resultados demonstraram que o sistema foi capaz de registrar as principais ondas do traçado eletrocardiográfico — P, complexo QRS e T —, além de detectar picos R e calcular a frequência cardíaca entre 60 e 100 bpm. Apesar da interferência de ruídos elétricos e de limitações de estabilidade em determinados testes, o protótipo comprovou sua viabilidade técnica e relevância pedagógica. As dificuldades encontradas indicaram possibilidades de aprimoramento, como o uso de blindagem, aterramento e filtros digitais mais avançados para otimização da leitura do sinal. O projeto mostrou-se relevante para o ensino, a pesquisa e a extensão, fortalecendo a integração entre teoria e prática na formação em Engenharia Biomédica e incentivando o uso de tecnologias abertas no estudo de biosinais. Conclui-se que, embora o sistema desenvolvido ainda não possua a precisão de equipamentos clínicos, ele representa uma alternativa eficiente e acessível para fins educacionais e experimentais, podendo servir como base para futuras implementações com sensores de maior sensibilidade e integração de algoritmos inteligentes voltados à análise e ao diagnóstico assistido.

Palavras-chave: Eletrocardiograma. Arduino. Engenharia Biomédica. Sinal Cardíaco.

I. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

¹ Bolsista do Programa de Iniciação Científica PIBITI. Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Centro de Ciências Integradas (CCI). e-mail: yumi.silva@ufnt.edu.br.

² Orientador do Programa de Iniciação Científica (PIBITI). Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), Centro de Ciências Integradas (CCI). e-mail: nilo.sotomayor@ufnt.edu.br.

O presente trabalho aborda o desenvolvimento de um sistema de detecção e análise de batimentos cardíacos utilizando plataformas de prototipagem eletrônica, tendo como base o uso do microcontrolador Arduino integrado ao módulo biomédico AD8232. Inserido na área da Engenharia Biomédica, pertencente às Ciências Exatas e da Terra (área principal) e às Ciências Biológicas/Saúde (área secundária), o estudo fundamenta-se na relevância do monitoramento cardíaco como ferramenta de prevenção e diagnóstico de doenças cardiovasculares, responsáveis por cerca de 30% das mortes no Brasil (Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2021). O monitoramento cardíaco constitui uma ferramenta essencial para a prevenção, diagnóstico e acompanhamento de doenças cardiovasculares, que estão entre as principais causas de mortalidade no Brasil e no mundo. Nesse contexto, a aplicação de tecnologias acessíveis e educacionais torna-se relevante para ampliar o acesso a instrumentos de aprendizado e pesquisa na área da saúde. Este estudo propõe a criação de um protótipo de baixo custo voltado ao monitoramento de sinais eletrocardiográficos (ECG).

A motivação deste projeto surgiu da necessidade de aproximar o ensino teórico da prática experimental, de forma concreta, os processos de aquisição e análise de sinais biológicos. As atividades desenvolvidas integraram o tripé ensino-pesquisa-extensão: no ensino, contribuíram para o aprimoramento das competências técnicas e para a formação prática em instrumentação biomédica; na pesquisa, possibilitaram a validação de soluções tecnológicas acessíveis para o monitoramento cardíaco; e na extensão, promoveram a divulgação científica e o interesse por tecnologias aplicadas à saúde. A relevância do projeto está em sua aplicabilidade educacional e profissional, oferecendo recursos que auxiliam a formação de futuros engenheiros biomédicos e ampliam o acesso ao estudo do eletrocardiograma de forma interativa e contextualizada com as demandas contemporâneas da área da saúde.

II. BASE TEÓRICA

A construção desta pesquisa fundamentou-se em autores que abordam os princípios da fisiologia cardíaca, a instrumentação biomédica e o uso de plataformas de prototipagem eletrônica. Curi e Procopio (2009) serviram de base para o entendimento da anatomia e da condução elétrica do coração, essenciais à interpretação dos sinais eletrocardiográficos. Modenezi (2018) contribuiu com a

descrição do uso do Arduino em sistemas de aquisição de ECG e Ramos (2017) sendo referência direta para o desenvolvimento metodológico do protótipo. Além disso, Oliveira et al. (2022) apresentaram dados sobre a relevância das doenças cardiovasculares no Brasil, reforçando a importância social e científica deste estudo. Assim, as revisões de literatura realizadas orientaram a seleção dos sensores biomédicos, o processamento do sinal e a análise experimental do sistema desenvolvido.

III. OBJETIVOS

Objetivo Geral

Desenvolver um sistema de detecção e análise de batimentos cardíacos com uso de plataformas de prototipagem eletrônica e sensores biomédicos de baixo custo, aplicado ao ensino, à pesquisa e à extensão em Engenharia Biomédica.

Objetivos Específicos

- Selecionar sensores adequados para a captação e análise de sinais eletrocardiográficos (ECG).
- Montar e integrar o hardware do sistema utilizando o Arduino e o módulo AD8232.
- Implementar uma interface gráfica no Processing para visualização em tempo real dos sinais cardíacos.
- Identificar e analisar as principais ondas do ECG (P, QRS e T), compreendendo sua interpretação fisiológica.
- Promover a formação científica e prática dos participantes no estudo de sinais biológicos.
- Divulgar os resultados obtidos em ambientes acadêmicos e de extensão.
- Avaliar limitações e propor melhorias no sistema, visando aplicações educacionais e tecnológicas.
- Contribuir para o fortalecimento do tripé ensino-pesquisa-extensão e para a formação do engenheiro biomédico.

IV. METODOLOGIA

A pesquisa, de caráter experimental e exploratório, foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Materiais para Aplicações em Dispositivos Eletrônicos (LABMADE) na Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT). O estudo teve como foco o desenvolvimento e validação de um sistema de detecção e análise de batimentos cardíacos utilizando o Arduino Uno integrado ao módulo biomédico AD8232. O método envolveu três etapas: revisão teórica, montagem do protótipo e análise dos resultados. Na primeira etapa, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre fisiologia cardíaca, princípios do ECG e instrumentação biomédica, que orientou a escolha dos sensores e parâmetros de monitoramento. Em seguida, foi feita a montagem do circuito em protoboard, utilizando a placa Arduino UNO SMD, o módulo eletrônico AD8232, eletrodos de ECG, fonte de alimentação e o software Processing para visualização em tempo real das ondas eletrocardiográficas (P, QRS e T) e simulação.

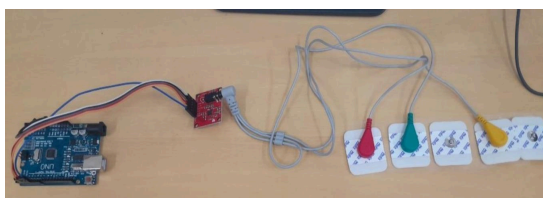


Figura 1- Materiais utilizados: Arduino UNO, sensor AD8232 e eletrodos.

Fonte: Elaborado pelos os autores (2025).

Foi construído um software de aquisição de dados na linguagem Arduino para captura dos sinais ECG os valores analógicos de tensão elétrica foram convertidos em valores digitais e enviados pela porta serial a um aplicativo desenvolvido em Processing que serve como interface gráfica além de produzir também simulação de sinais de ECG. Os testes foram conduzidos apenas pelos integrantes do projeto, sem participação de voluntários externos, respeitando princípios éticos e de segurança. O universo da pesquisa restringiu-se à avaliação técnica do protótipo, sem fins clínicos, aplicando o triângulo de Einthoven para variação do posicionamento dos eletrodos. O código no Processing implementa um simulador profissional de eletrocardiograma (ECG), capaz de gerar um traçado cardíaco realista com grade médica, animação e som sincronizado. Utilizando um modelo matemático que reproduz as ondas P, QRS e T, o programa cria um sinal cardíaco

sintético com ruído controlado e detecção automática de picos R para cálculo do BPM em tempo real e por simulação. A interface exibe o gráfico contínuo do ECG sobre uma grade milimetrada, com indicadores visuais e textuais, enquanto um coração animado pulsa de forma sincronizada com o ritmo e emite um “bip” agudo típico de monitores hospitalares. O sistema combina processamento gráfico, geração sonora e simulação fisiológica, permitindo visualizar, ouvir e compreender o comportamento dos batimentos cardíacos de maneira dinâmica, interativa e educativa, sendo ideal para demonstrações em Engenharia Biomédica e aplicações didáticas.

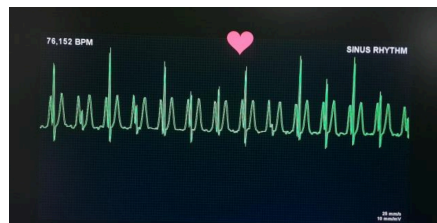


Figura 2– Aplicativo de Interface gráfica desenvolvido na IDE Processing para visualização dos sinais de ECG obtidos pelo sistema de aquisição de dados e também por simulação.

Fonte: Elaborado pelos os autores (2025).

A análise dos dados ocorreu de forma qualitativa e quantitativa, observando a clareza, estabilidade e precisão do traçado, bem como a eficiência na detecção dos picos R. As observações permitiram identificar interferências e sugerir melhorias, como o uso de filtros digitais e blindagem, confirmando a viabilidade técnica e didática do sistema proposto. A seguir, apresenta-se o trecho principal utilizado no desenvolvimento do sistema.

```
// Pinos conectados ao módulo AD8232
const int ECG_PIN = A0; // Saída analógica do AD8232
const int LO_PLUS = 2; // Lead-Off + (LO+)
const int LO_MINUS = 3; // Lead-Off - (LO-)
const int SDN_PIN = 4; // Pino opcional para ativar o módulo (SDN)

void setup() {
  Serial.begin(115200); // Inicializa a comunicação serial
  pinMode(SDN_PIN, OUTPUT); // Configura pino SDN como saída
  digitalWrite(SDN_PIN, HIGH); // Liga o módulo (HIGH = ativado)
  pinMode(ECG_PIN, INPUT); // Entrada analógica do ECG
  pinMode(LO_PLUS, INPUT); // Entrada digital do lead-off +
  pinMode(LO_MINUS, INPUT); // Entrada digital do lead-off -
  Serial.println("Monitoramento de ECG iniciado...");
}

void loop() {
  // Verifica se os eletrodos estão conectados
  bool loPlusState = digitalRead(LO_PLUS);
  bool loMinusState = digitalRead(LO_MINUS);
  if (loPlusState == HIGH || loMinusState == HIGH) {
    Serial.println("!!! Eletrodos desconectados !!!");
  } else {
    // Lê o valor analógico do sinal ECG
    int ecgValue = analogRead(ECG_PIN);
    Serial.print("ECG: ");
    Serial.println((int)ecgValue);
  }
  delay(100); // Frequência de amostragem aproximada de 200 Hz
}
}
```

V. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos confirmaram a viabilidade técnica do sistema de detecção e análise de batimentos cardíacos desenvolvido com o Arduino Uno e o módulo AD8232. O protótipo foi capaz de captar e exibir sinais eletrocardiográficos em tempo real, permitindo a identificação das ondas P, complexo QRS e onda T, correspondentes à atividade elétrica cardíaca. A interface desenvolvida no Processing possibilitou a visualização contínua dos sinais, favorecendo a interpretação prática do comportamento do coração. A detecção dos picos R permitiu calcular a frequência cardíaca entre 60 e 100 bpm, dentro dos parâmetros fisiológicos normais. Além disso, o código criado no Processing permitiu criar uma interface que exibe uma grade milimetrada semelhante à utilizada em exames clínicos, com animação de um coração pulsando sincronizadamente ao som do “bip” característico de monitores hospitalares. A combinação de processamento gráfico, modelagem matemática e áudio permitiu uma simulação realista e interativa, capaz de representar de maneira visual e auditiva o funcionamento básico do coração humano.

Os traçados obtidos apresentaram padrões semelhantes aos descritos na literatura, demonstrando que componentes de baixo custo podem fornecer resultados satisfatórios para fins educacionais. Foram observadas interferências e ruídos devido à movimentação e ao contato dos eletrodos, indicando a necessidade de aprimoramentos como blindagem, aterramento e aplicação de filtros digitais para maior estabilidade e precisão do sinal. Além da comprovação técnica, o projeto teve impacto educacional e científico significativo. No ensino, serviu como ferramenta prática de aprendizado sobre instrumentação biomédica; na pesquisa, validou o uso de tecnologias acessíveis na área da saúde; e na extensão, promoveu a divulgação científica e o diálogo entre universidade e sociedade. Dessa forma, o sistema demonstrou seu potencial interdisciplinar e formativo, contribuindo para a consolidação do tripé ensino-pesquisa-extensão e para o desenvolvimento de competências essenciais na formação do engenheiro biomédico.

VI. CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do sistema de detecção e análise de batimentos cardíacos com Arduino e módulo AD8232 comprovou a viabilidade técnica do uso de

tecnologias de baixo custo na instrumentação biomédica. O protótipo mostrou-se funcional, capaz de captar e exibir sinais eletrocardiográficos em tempo real e em simulação, favorecendo o aprendizado prático e interdisciplinar sobre a fisiologia cardíaca.

O projeto apresentou impactos significativos no ensino, ao integrar teoria e prática na formação do engenheiro biomédico; na pesquisa, ao validar soluções acessíveis e estimular a inovação; e na extensão, ao promover a disseminação do conhecimento e aproximar a comunidade das tecnologias voltadas à saúde. Apesar de limitações como interferências e ruídos, o sistema demonstrou potencial como ferramenta didática e experimental, podendo ser aprimorado com filtros digitais, sensores mais precisos e técnicas de inteligência artificial. Assim, o trabalho reafirma a importância da integração entre ensino, pesquisa e extensão, evidenciando o papel das plataformas abertas na democratização da tecnologia e no avanço da Engenharia Biomédica.

VII. REFERÊNCIAS

CURI, Rodrigo; PROCOPIO, José Carlos. **Fisiologia Básica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 355-447

MODENEZI, Igor Kuczuk. **Eletrocardiograma de baixo custo com análise de batimentos cardíacos utilizando Neuro-Fuzzy**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2018.

OLIVEIRA, Gláucia Maria Moraes de et al. Estatística Cardiovascular – Brasil 2021. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 118, n. 1, p. 115–373, jan. 2022.

RAMOS, Gaspar Eugênio Oliveira. **Desenvolvimento de um protótipo para aquisição e processamento de sinais cardíacos**. 2017. 74 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2017.

VIII. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Brasil. Estendo meus agradecimentos ao professor Nilo Mauricio Sotomayor pela orientação, apoio técnico e científico.