



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS
GERAIS
CAMPUS NEPOMUCENO**

**João Eduardo Silva Mendonça; Lucas Victor de Moura Texeira;
Romário de Oliveira Barbosa**

ELECTRONIC HEALTH MONITOR:

Inovação eletrônica no monitoramento da saúde.

**NEPOMUCENO
2024**

**João Eduardo Silva Mendonça; Lucas Victor de Moura Texeira;
Romário de Oliveira Barbosa**

ELECTRONIC HEALTH MONITOR:

Inovação eletrônica no monitoramento da saúde.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
no curso de Graduação em Engenharia
Elétrica do Centro Federal de Educação
Tecnológica de Minas Gerais como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Elétrica.

Orientador: Alencar Franco de Souza
Co-orientador: Rosana Áurea Tonetti Mas-
sahud

**NEPOMUCENO
2024**

C198d Campos, Máira Rolla
Detecção de danos em vigas de aço por meio da análise do espectro de frequências / Máira Rolla Campos. 2020.
65 f. : il., gráfs, tabs, fotos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Civil
Orientador: Cláudio José martins.
Bibliografia: f. 59-62.
Dissertação (mestrado) Centro federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Civil.

1. Aço Estrutura Teses. 2. Análise modal Teses. 3. Pesquisa operacional Teses. 4. Falhas estruturais Teses. 5. Monitoramento de integridade estrutural Teses. 6. Efeitos de vibração Teses. I. Martins, Cláudio José. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. departamento de Engenharia Civil. III. Título.

CDD 624.182

João Eduardo Silva Mendonça; Lucas Victor de Moura Texeira;
Romário de Oliveira Barbosa

ELECTRONIC HEALTH MONITOR:
Inovação eletrônica no monitoramento da saúde.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
no curso de Graduação em Engenharia
Elétrica do Centro Federal de Educação
Tecnológica de Minas Gerais como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Elétrica.

Aprovado em 18 de dezembro de 2024.

Título Nome
Instituição

Título Nome
Instituição

Título Nome
Instituição

*Ao familiares e amigos,
pelo apoio em nossa graduação.*

DEDICO

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

bpm	Batimentos por minuto
SpO ₂	Saturação de oxigênio medida pelo oxímetro de pulso
OMS	Organização Mundial da Saúde
DCV	Doenças Cardiovasculares
F _c	Frequência Cardíaca
T _c	Temperatura corporal
PWM	Pulse Width Modulation
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
SRAM	Static Random-Access Memory
USB	Universal Serial Bus
GPIO	General-Purpose Input/Output
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter
I ² C	Inter-Integrated Circuit
IPS	Inter-Peripheral System
SPI	Serial Peripheral Interface
COPI	Controller Out, Peripheral In
CIFO	Controller In, Peripheral Out
SCK	Serial Clock
SCL	Serial Clock Line
SDA	Serial Data Line
CS	Chip Select
Wi-Fi	Wireless Fidelity
ROM	Read-Only Memory

MHz Megahertz

E/S Entradas e Saídas

JS Javascript

RN React-Native

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	Objetivos	9
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	Frequência cardíaca (Fc)	10
2.2	Saturação (SpO2)	10
2.3	Temperatura corporal (Tc)	10
2.4	Arduino	11
2.4.1	Tipos de Arduino	11
2.5	Sensor MAX30102	13
2.6	Sensor MLX90614	13
2.7	Display Oled	13
2.8	Modulo GSM SIM800L	13
3	RESULTADOS ESPERADOS	15
	REFERÊNCIAS	16

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivos

O objetivo do presente trabalho é o desenvolvimento de um dispositivo que desempenhe um papel fundamental na promoção da saúde e no bem-estar, permitindo a medição contínua e o monitoramento dos sinais vitais, de modo a gerar alertas em casos de divergências dos padrões esperados.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O texto a seguir constitui todo o embasamento teórico para a realização deste trabalho de conclusão de curso, que tem como objetivo desenvolver um dispositivo eletrônico acessível para monitorar a frequência cardíaca, saturação de oxigênio e temperatura corporal.

2.1 Frequência cardíaca (Fc)

As doenças cardiovasculares (DCV) são as principais causas de mortes no mundo, sendo um grave problema de saúde pública (Mendonça 2016). Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 17,9 milhões de pessoas perderam a vida devido a complicações cardiovasculares em 2019, representando aproximadamente 32% das mortes globais. Frequência cardíaca ou ritmo cardíaco é o número de vezes que o coração bate por minuto (bpm). Esse batimento pode ser dividido em várias fases – ciclo cardíaco (Ferreira, Almeida et al. 2007). Os batimentos cardíacos normais variam conforme a idade e o estado de saúde da pessoa, as tabelas a seguir mostram os parâmetros:

2.2 Saturação (SpO2)

Historicamente, medir os níveis de oxigênio no sangue era considerado difícil devido aos métodos utilizados serem invasivos. Além disso, os tempos dos processos de medida de oxigenação eram longos, como por exemplo, em métodos químicos, nos quais o oxigênio dissolvido no sangue é retirado da solução através de reações químicas para, então, serem medidas as pressões parciais dos diversos gases retirados, o que permite a determinação do nível de oxigênio (Lima 2009). Tais métodos podiam levar até 20 minutos (Lima 2009).

Devido a esses métodos, a realização de tais procedimentos em pacientes com risco iminente de vida tornava-se inviável, pois os órgãos têm um tempo de sobrevivência limitado em caso de falta de oxigênio, conforme mostrado na tabela 3:

2.3 Temperatura corporal (Tc)

Os seres humanos são animais homeotérmicos, ou seja, possuem um sistema térmico que atua de maneira a manter sua temperatura interna constante, até mesmo para grandes variações de condições ambientais (RIBEIRO 2018). A temperatura “normal” não é ajustada a um nível preciso e que existem pequenas variações entre os indivíduos, que podem oscilar desde 35,8°C a 37,1°C [15] (Alencar, Lima et al. 2013).

Uma temperatura interna corporal inferior à 28 °C, pode causar arritmia cardíaca e morte. Enquanto que para temperatura interna corporal maior do que 46 °C danos irreversíveis ao cérebro podem ser causados (American Society of Heating e Engineers, 2005 apud (Ribeiro, Brum et al. 1992)).

Devido aos problemas que podem surgir com uma temperatura corporal inadequada, os avanços tecnológicos têm sido essenciais para mitigá-los. Termômetros fáceis de usar e com eficiência comprovada possibilitaram uma tomada de decisão mais assertiva em situações de complicações, melhorando assim a saúde preventiva das pessoas.

É crucial enfatizar que a medição precisa da temperatura corporal deve ser realizada em locais adequados, como axila, reto e boca, para garantir resultados confiáveis.

Estes pontos são reconhecidos por proporcionar leituras consistentes e representativas da temperatura interna do corpo. Além dessas áreas tradicionais, avanços tecnológicos permitiram o desenvolvimento de dispositivos modernos capazes de medir com precisão a temperatura a partir da testa do paciente, oferecendo uma alternativa conveniente e eficaz para monitoramento clínico e doméstico.

2.4 Arduino

O Arduino surgiu em 2005, na Itália, com um professor chamado Massimo Banzi, que queria ensinar eletrônica e programação de computadores a seus alunos de design, para que eles usassem em seus projetos de arte, interatividade e robótica (de Robótica 2012). Essa ideia surgiu da dificuldade em ensinar programação para pessoas sem experiência prévia. Com isso, Massimo e David Cuartielles decidiram desenvolver esta plataforma, na qual muitas pessoas se tornaram capazes de criar uma variedade de projetos.

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar (ARDUINO, 2018). Além da facilidade de programação, destaca-se pelo baixo custo e pela ampla aplicação em diversos projetos. Utilizada por iniciantes e profissionais, permite o desenvolvimento de soluções versáteis em áreas como robótica, automação e dispositivos médicos.

2.4.1 Tipos de Arduino

Existem vários modelos e marcas de Arduino, todos com propósitos básicos semelhantes, sendo suas diferenças principalmente nos tamanhos disponíveis, que devem ser escolhidos conforme o projeto em desenvolvimento. Os modelos mais populares incluem o Arduino Uno, Arduino Nano e Arduino Mega.

2.4.1.1 Arduino UNO

O Arduino Uno R3 mostrado na figura 1 tem como base o microcontrolador ATmega328P, que possui uma velocidade de operação de 16MHz. Esta placa opera com uma tensão de 5V e pode ser alimentada por uma fonte externa variando de 7 a 12V, sendo que sua faixa de tensão de entrada pode suportar de 6 a 20V no limite. Possui 14 pinos digitais que podem ser utilizados como entrada e saída, dentre os quais 6 podem fornecer saída PWM (Modulação por Largura de Pulso). Esse dispositivo também possui 6 pinos de entrada analógica.

Os pinos digitais podem fornecer até 20mA, e o pino de 3,3V pode fornecer até 50mA. Este Arduino possui uma memória flash de 32 KB, sendo que 0,5 KB são utilizados pelo bootloader. A placa também possui 2 KB de SRAM e 1 KB de EEPROM, o que permite armazenar e manipular dados temporários e permanentes, respectivamente. O LED_BUILTIN está ligado ao pino digital 13 e pode ser utilizado para testes e sinalização visual.

Em termos de dimensões físicas, o Arduino Uno possui um comprimento de 68,6 milímetros e uma largura de 53,4 milímetros, com um peso de aproximadamente 25 gramas, tornando-o compacto e leve para integrar em diversos tipos de projetos.

2.4.1.2 Arduino Nano

O Arduino Nano como mostra a figura 2 é uma placa de desenvolvimento compacta e completa, projetada com base no microcontrolador ATmega328 da arquitetura AVR. Operando com uma tensão de 5V e uma velocidade de clock de 16MHz, o Nano oferece uma combinação ideal de tamanho reduzido e capacidade de processamento robusta, sendo ideal para uma ampla gama de aplicações em sistemas embarcados.

Com 22 pinos de E/S digitais, dos quais 6 são dedicados à saída PWM, o Nano permite controle preciso de dispositivos como motores e luzes, enquanto seus 8 pinos de entrada analógica permitem a leitura de sensores variados. A placa também inclui uma EEPROM de 1KB para armazenamento de dados permanentes e 32 KB de memória flash, dos quais 2 KB são reservados para o bootloader, facilitando o carregamento de programas.

Com suas dimensões compactas de apenas 18x45mm e peso leve de 7g, o Arduino Nano é especialmente adequado para aplicações onde o espaço é limitado, como wearables, dispositivos IoT e projetos portáteis. Seu consumo de energia eficiente, operando a 19 mA em uso típico, torna-o uma escolha econômica para projetos alimentados por bateria.

Em resumo, o Arduino Nano representa uma plataforma versátil e acessível para prototipagem e desenvolvimento de sistemas embarcados, combinando recursos avançados de hardware com uma ampla comunidade de suporte e vasta documentação, facilitando a implementação de soluções inovadoras em diversas áreas da tecnologia.

2.4.1.3 Arduino Mega

O Arduino MEGA mostrado na figura 4 é uma placa de desenvolvimento poderosa e robusta, ideal para projetos que exigem um grande número de entradas e saídas digitais e analógicas. Equipado com o microcontrolador ATmega2560, o Arduino MEGA oferece recursos avançados para prototipagem e desenvolvimento de sistemas complexos.

A placa opera com uma tensão de 5V e pode ser alimentada por uma fonte externa que varia entre 7 a 12V, suportando uma faixa de tensão de entrada de 6 a 20V no limite. Com um total de 54 pinos de entrada e saída digital (E/S), dos quais 15 podem fornecer saída PWM, o Arduino MEGA oferece uma ampla capacidade de controle e interatividade. Além disso, possui 16 pinos de entrada analógica, permitindo a leitura precisa de sinais de sensores e outros dispositivos analógicos.

Cada pino de E/S digital pode fornecer até 20 mA de corrente, enquanto o pino de 3,3V pode fornecer até 50 mA. A memória flash do Arduino MEGA é de 256 KB, dos quais 8 KB são utilizados pelo bootloader, oferecendo um grande espaço para armazenar código. A placa também possui 8 KB de SRAM e 4 KB de EEPROM, permitindo o armazenamento de dados temporários e permanentes, respectivamente.

O microcontrolador ATmega2560 opera a uma velocidade de relógio de 16 MHz, proporcionando uma performance estável e eficiente para a maioria dos projetos. O LED_BUILTIN está ligado ao pino digital 13 e pode ser utilizado para testes e sinalização visual.

Em termos de dimensões, o Arduino MEGA tem um comprimento de 101,52 milímetros e uma largura de 53,3 milímetros, com um peso de aproximadamente 37 gramas.

Estas dimensões permitem que a placa seja robusta, mas ainda assim adequada para ser integrada em projetos variados.

O Arduino MEGA é uma excelente escolha para desenvolvedores que precisam de uma plataforma com muitas E/S, grande capacidade de memória e uma performance estável. Seja para projetos educacionais, protótipos industriais ou aplicações de hobby, o Arduino MEGA oferece a flexibilidade e a potência necessárias para transformar ideias em realidade.

2.5 Sensor MAX30102

O MAX30102 é um módulo integrado de oximetria de pulso e monitor de frequência cardíaca. Ele inclui LEDs internos, fotodetectores, elementos ópticos e eletrônicos de baixo ruído com rejeição de luz ambiente (Datasheet, 2016). Neste dispositivo, deve-se posicionar a ponta do dedo sobre o sensor. Através deste contato, os LEDs emitem luz em duas faixas diferentes: vermelha e infravermelha.

Com base na quantidade de luz emitida e absorvida pela pele, o sensor pode determinar a saturação de oxigênio da pessoa, pois, sangue oxigenado absorve mais luz infravermelha, enquanto o sangue com baixa oxigenação absorve mais luz vermelha.

Quando o coração bombeia sangue ocorre um aumento no nível de sangue oxigenado. Por sua vez, quando o coração relaxa o volume de sangue diminui. O sensor mede a frequência cardíaca com base no tempo entre o aumento e diminuição do sangue oxigenado (Jonas Souza 2023).

2.6 Sensor MLX90614

O sensor MLX90614 é um sensor de temperatura infravermelho fabricado pela empresa Melexis, que com ele é possível fazer medições de temperaturas do ambiente e de objetos sem a necessidade de contato físico (Zazeka 2021). Este sensor se destaca pela praticidade e eficiência, utilizando a comunicação I2C, que além de oferecer uma conexão simples, permite a integração com outros dispositivos no mesmo barramento.

2.7 Display Oled

Um diodo orgânico emissor de luz (sigla OLED, em inglês: organic light-emitting diode) é um tipo de LED em que a camada de emissão eletroluminescente é um filme orgânico que emite luz em resposta a uma corrente elétrica (Wikipédia, 2022). Neste trabalho de conclusão de curso, será utilizado o modelo OLED de 0,96" devido à sua eficiência e otimização do espaço no dispositivo. A seguir na tabela temos as especificações técnicas do componente.

2.8 Modulo GSM SIM800L

GSM significa Global System Mobile Communication ou Sistema Global de Comunicação Móvel e foi o protocolo responsável pela padronização da telefonia móvel, também conhecido como 2G. GPRS significa General Packet Radio Service ou Serviço de Rádio de Pacote Geral, ficou conhecido como 2,5G e pôde proporcionar o aumento na velocidade de transferência de dados na rede GSM e permitir que o usuário ficasse conectado sempre

à internet (Monteiro, Ladivez et al. 2021).

O módulo SIM800L GPRS foi projetado com o objetivo de integrar redes de telefonia ao Arduino, permitindo a comunicação por meio de redes móveis para enviar e receber dados, incluindo mensagens SMS. A seguir na Tabela 8 temos as especificações técnicas do componente.

3 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que o dispositivo seja capaz de ler com precisão, eficiência e eficácia os sinais vitais. Que os dados coletados sejam capazes de representar com veracidade a situação do usuário, de modo que essas variáveis sejam capazes de auxiliar em um alerta prévio de complicações. Com relação ao aplicativo, espera-se q a interface seja de fácil utilização e contemple todos os dados medidos, através de tabelas e/ou gráficos, de modo que o usuário não fique com dúvidas sobre o que está observando.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alencar, D. C., et al. (2013). "Sistema de monitoramento de temperatura corporal humana utilizando software embarcado e tempo real baseado em computação ubíqua." *Proceedings of World Congresson Systems Engineering and Information Technology*: 193-197.
- de Robótica, G. (2012). "Introdução ao arduino." *Notas de aula, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul* 10.
- Ferreira, F. G., et al. (2007). "Efeitos da ingestão de diferentes soluções hidratantes nos níveis de hidratação e na frequência cardíaca durante um exercício de natação intervalado." *Revista Portuguesa de Ciências do Desporto, Brasília* 7(3): 319-327.
- Lima, D. W. d. C. (2009). "Oxímetro de pulso com transmissão de sinal sem fios."
- Mendonça, V. F. (2016). "A Relação Entre o Sedentarismo, Sobrepeso e Obesidade com as Doenças Cardiovasculares em Jovens Adultos: uma Revisão da Literatura." *Saúde e Desenvolvimento Humano* 4(1): 79-90.
- Monteiro, F. A. M., et al. (2021). "DETECTOR DE QUEDAS VIA CELULAR." *Revista Brasileira de Mecatrônica* 4(1): 58-71.
- Nascimento Júnior, V. M. d. (2022). "Sistema de monitoramento remoto de batimentos cardíacos e oximetria utilizando sensores MAX30100 e módulos de aquisição com ESP8266."
- Ribeiro, M. P., et al. (1992). "Análise espectral da frequência cardíaca. Conceitos básicos e aplicação clínica." *Arq Bras Cardiol* 59(3): 141-149
- RIBEIRO, T. J. d. S. (2018). *Análise exergética do sistema térmico do corpo humano para avaliação de conforto térmico, Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade*
- Soares, J. V. B., et al. (2022). *SISTEMA DE MONITORAMENTO DE SINAIS BIOMÉDICOS (SMSB). Congresso Brasileiro de Automática-CBA.*
- Zazeka, F. E. (2021). "Desenvolvimento de um dispositivo portátil para gerenciamento de dados na prevenção e gestão da COVID-19."
- META PLATFORMS, INC, Meta Open Source. React Native: Learn once, write anywhere. 2024. Disponível em: <https://reactnative.dev/>. Acessado em: Agosto, 2024
- GOOGLE, Google for Developers. Firebase. 2024. Disponível em: <https://firebase.google.com/docs>. Acessado em: Agosto, 2024