XXVI ENMC
ENCONTRO NACIONAL DE MODELAGEM COMPUTACIONAL
XIV ECTM
ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATERIAIS
2023

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COM ARDUINO PARA AQUISIÇÃO DE FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA

Jorge Gabriel Silveira da Silva[1] – 1813332065@uezo.edu.br
Gisele Duarte Caboclo Antolin[1] – gisele.antolin@uerj.br
Mauricio Quelhas Antolin[1] – mauricio.antolin@uerj.br
[1] Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Campus Zona Oeste – Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Resumo. *A frequência respiratória é um indicador crucial da saúde humana, amplamente utilizada em diversas áreas médicas para avaliar o estado clínico dos pacientes e detectar anormalidades respiratórias. Este artigo apresenta uma revisão da literatura sobre o uso de monitores de frequência respiratória (FRR), discutindo os principais métodos de medição, tecnologias de monitoramento disponíveis e aplicações clínicas dessas informações. Com base nessas percepções, um circuito foi projetado, juntamente com um aplicativo correspondente, para medir e registrar a frequência respiratória. Os resultados demonstram o sucesso da implementação e funcionalidade do circuito e aplicação na captação de dados respiratórios. Esse sistema integrado é promissor quando falamos em aprimorar o monitoramento e o gerenciamento da saúde, contribuindo para melhorar o atendimento e os resultados do paciente.*
Palavras-chave: Frequência respiratória, frequência respiratória, monitoramento de saúde, sensor FSR402, saúde móvel.

1. INTRODUÇÃO

A frequência respiratória é um importante indicador da saúde humana, sendo utilizada em diversas áreas da medicina, como na avaliação do estado clínico do paciente e na detecção de alterações respiratórias. O processo respiratório manifesta-se fisicamente através dos movimentos ritmados de inspiração e expiração. Na inspiração existe a contração dos músculos que participam do processo respiratório, e na expiração estes músculos relaxam-se espontaneamente (Leonel, 2018).

A taxa de frequência respiratória (FR) mede a quantidade de respirações completas em um minuto. Esse índice sofre a influência de fatores como o nível de gás carbônico presente na corrente sanguínea da pessoa examinada. Para um adulto em repouso, a frequência respiratória normal fica entre 12 e 20 mrm, isto é, movimentos respiratórios por minuto (Morsch,2022).

Uma concentração de CO_2 alta eleva a FR, enquanto o nível abaixo do ideal diminui a taxa de FR. Ambos os tipos de desvios são perigosos para a saúde, podendo sinalizar problemas como infecções (através de febre), insuficiência cardíaca e acidose metabólica. Por esse motivo a medição do ritmo respiratório faz parte da avaliação de sinais vitais do paciente. Junto à temperatura, pulso e pressão sanguínea, a FR mostra a condição clínica da

pessoa, fornecendo sinais da necessidade de socorro ou atendimento imediato para a preservação da vida. Desta forma, o monitoramento da frequência respiratória é fundamental para detectar alterações respiratórias dos mais diversos tipos, entre eles a taquipneia e a dispneia.

2. TECNOLOGIAS DISPONÍVEIS PARA MEDIÇÃO DA FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA

Taquipneia é o termo utilizado para descrever um ciclo respiratório significativamente mais acelerado do que o ritmo habitual. Essa condição envolve uma respiração rápida, que ocorre temporariamente ao longo de um período específico (Lopes, 2020).

Dispneia é um termo que tem tido variações de definição na literatura médica, mas, em geral, se refere à percepção subjetiva de sensações desconfortáveis relacionadas à respiração. Embora seja um sintoma subjetivo, definições anteriores frequentemente misturavam a sensação real com a presença de sinais físicos, como o movimento das narinas ou aumento da frequência respiratória. Essa condição manifesta-se como a sensação de falta de ar, normalmente ocorrendo durante atividades físicas, mas também podendo se manifestar em situações de ansiedade, por exemplo (Martinez, 2004).

Os sistemas respiratório e cardíaco estão diretamente conectados. Quando um dos dois apresenta falhas, acaba comprometendo ou influenciando no funcionamento do outro.

A falta de ar é uma consequência do mau funcionamento dos pulmões ou do coração. Se relacionada aos pulmões, estamos diante de uma doença própria do órgão, entre elas a bronquite, doença pulmonar intersticial, enfisema e outras patologias.

A avaliação da frequência respiratória e da frequência cardíaca e a relação entre esses sinais podem fornecer informações importantes sobre a função fisiológica do paciente, permitindo uma avaliação mais completa e uma intervenção médica mais adequada em situações clínicas específicas. A relação entre esses sinais pode ser especialmente útil em pacientes com doenças cardiovasculares ou respiratórias, uma vez que esses sistemas estão interligados e podem influenciar um ao outro.

A medição da respiração humana é crucial para o diagnóstico e monitoramento de uma ampla gama de distúrbios respiratórios, além de ser uma métrica mais extensa e útil da condição de um paciente.

Todos esses parâmetros podem ser medidos por métodos diretos que requerem respiração através de algum aparelho de medição, mas essas técnicas são intrusivas e não são práticas para monitoramento contínuo fora de ambientes hospitalares. Há um forte imperativo econômico para estender o alcance do hospital empregando o monitoramento remoto de pacientes após a alta do hospital ou para detecção precoce de sintomas que possam impedir a hospitalização por meio do tratamento oportuno de condições médicas (Bates et al., 2010).

Para abordar os desafios associados à medição contínua e não invasiva da frequência respiratória, uma alternativa viável é a utilização de sensores de baixo custo, como o sensor FSR402. Esse sensor, originalmente projetado para medir força e pressão, pode ser adaptado para monitorar a expansão e contração do tórax durante a respiração.

3. MONITORAMENTO DA FREQUÊNCIA RESPIRATÓRIA UTILIZANDO O SENSOR FSR402

O FSR402 é um sensor de pressão resistivo, ultrafino, leve, pequeno , com alta precisão e tem como objetivo realizar medições entre 100g e 10Kg

Quando esse sensor é fixado no tórax do paciente, é realizada a medição da respiração obtendo-se os valores da resistência elétrica durante os movimentos de inspiração e expiração do pulmão, fazendo a detecção dos movimentos respiratórios.

O sensor FSR402 realiza a leitura de valores entre 0 e 1023, que corresponde a faixa completa de leitura da porta analógica da placa Arduíno. A partir daí, podemos definir um valor mínimo para que a leitura seja considerada um movimento respiratório válido

Quando o valor lido pelo sensor é maior que o valor definido como mínimo para ser considerado um movimento respiratório, é contabilizado o tempo que leva para a pessoa fazer o movimento de inspiração e expiração.

Se a diferença entre o tempo atual e o último tempo de respiração armazenado for maior que o tempo necessário para realizar um movimento respiratório, é realizado o cálculo do intervalo de tempo entre as respirações e, a, partir daí, podemos calcular a frequência respiratória em respirações por minuto.

O cálculo da frequência respiratória é dado pela seguinte fórmula:

$$Frequência\ respiratória = 1\ /\ (intervalo\ entre\ as\ respirações/1000/60). \qquad (1)$$

O intervalo de tempo entre as respirações é medido em milissegundos e, para isso precisamos dividir esse valor por 1000 para obter a medida em segundos e, em seguida, dividir por 60 para obter a medida em minutos. Reescrevendo essa equação, ficaria dessa forma:

$$Frequência\ respiratória = 60000/\ intervalo\ entre\ as\ respirações, \qquad (2)$$

Onde 60000 representa a quantidade de milissegundos em um minuto, que é usado para converter o intervalo de tempo entre as respirações de milissegundos para minutos, fazendo com que o resultado seja expresso em respirações por minuto (RPM), unidade de medida mais comum para essa variável fisiológica.

Os dados de leitura do sensor FSR402 contendo o valor analógico da resistência elétrica aplicada no sensor durante os movimentos respiratórios são enviados para a placa Arduíno, onde através da programação podemos fazer o cálculo de frequência respiratória.

Depois, o valor da resistência aplicada no sensor e o resultado do cálculo da frequência respiratória são enviados via Bluetooth para um aplicativo desenvolvido para este projeto, onde é possível visualizar e armazenar esses dados.

4. METODOLOGIA

Para realizar a aquisição de dados sobre a frequência respiratória foi necessária a montagem de um circuito elétrico. Para isso, foram utilizados os seguintes componentes: uma placa Arduíno Uno, uma protoboard, Jumpers (fios), Módulo Bluetooth HC-06 e um sensor de força resistivo FSR402.

Além dos materiais citados, também foi construída uma caixa através de uma impressora 3D com o objetivo de armazenar o circuito, facilitando seu manuseio e por questão de segurança, conforme mostra a figura 1. A figura 2 mostra o desenho do circuito com a utilização da bateria 9V e a vista esquemática do circuito.

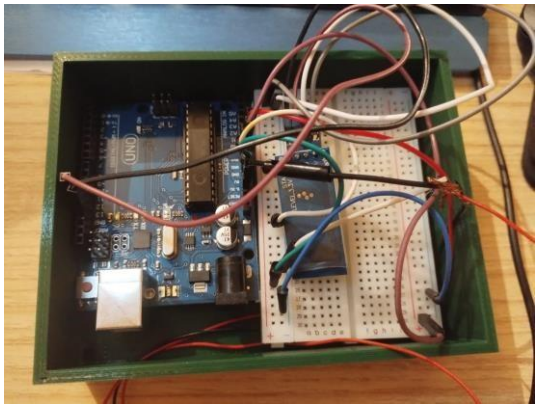

Figura 1: Foto do circuito eletrônico funcional dentro de uma caixa personalizada feita por impressão 3D, criando um protótipo completo combinando proteção e organização. Fonte: o autor (2023)

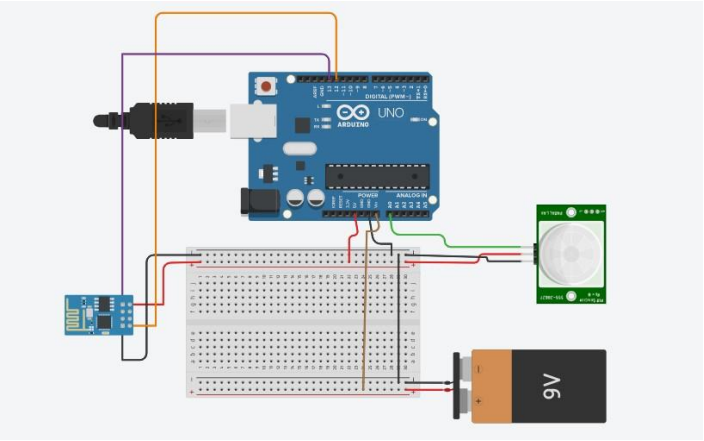

Figura 2: Imagem demonstrativa do circuito Arduino modelado no Tinkercad, destacando a disposição e conexão dos componentes.
Fonte: O autor (2023)

5. APLICATIVO BREATHFORCEAPP

Para fazer o monitoramento da leitura dos dados fornecidos pelo sensor de força resistivo FSR402, foi desenvolvido um aplicativo Android chamado breathForceApp.

Inicialmente, foi utilizado o MIT App Inventor para desenvolver o aplicativo. Ao longo do tempo, foi necessário mudar para o Kodular, uma ferramenta para desenvolvimento mobile que utiliza a linguagem No-Code. O Kodular possui uma biblioteca de componentes mais extensa do que o App Inventor, tornando mais fácil adicionar recursos avançados aos aplicativos como um sistema de login onde os dados do usuário são armazenados no Firebase, que agrupa um conjunto de serviços de hospedagem para qualquer tipo de aplicativo.

6. RESULTADOS

Durante os testes com o sensor preso ao tórax através de um cinto, obteve-se os seguintes valores durante os movimentos respiratórios, conforme é mostrado na figura 3. O primeiro valor representa a leitura do sensor FSR402 e o segundo valor representa a frequência respiratória em respirações por minuto (RPM), ou seja, é a quantidade de vezes que a pessoa respira em um

minuto. Na Figura 4, os dados do sensor são apresentados no aplicativo, o qual está conectado ao Arduino por meio de uma conexão Bluetooth.

Ao abrir o aplicativo, o usuário precisa fazer o login, informando o nome e a senha. Caso ele não seja cadastrado, ele precisa fazer o cadastro. Para fazer o cadastro, basta clicar no botão cadastrar, onde será redirecionado para a tela de cadastro (figura 5). Para se cadastrar no aplicativo, é necessário informar o seu nome, seu e-mail e uma senha. O nome usado no momento do cadastro será utilizado para fazer o login no aplicativo. Uma vez tendo realizado o cadastro, os dados são salvos na nuvem, no banco de dados Firebase. Uma vez realizado o cadastro, o usuário é redirecionado para a tela principal do aplicativo.

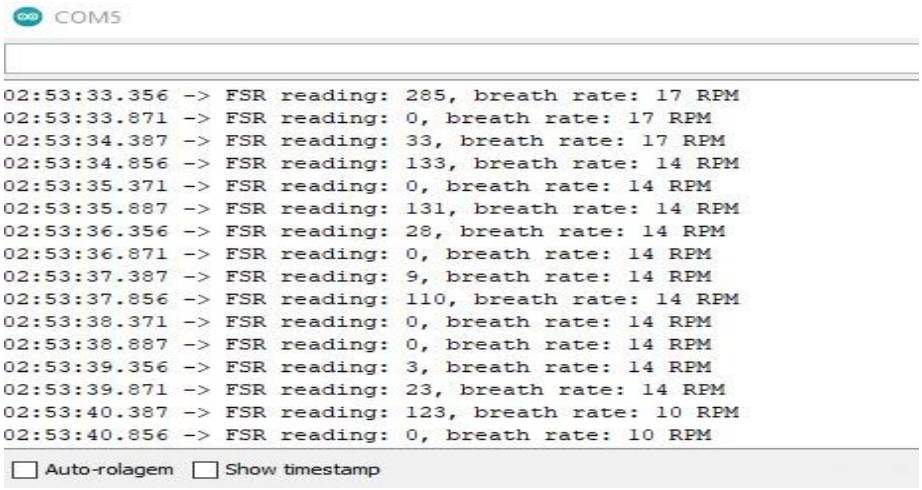

Figura 3: Ilustração da conexão bem-sucedida entre o sensor FSR402 e a IDE do Arduino, com destaque para a exibição dos valores coletados. Fonte: O autor (2023)

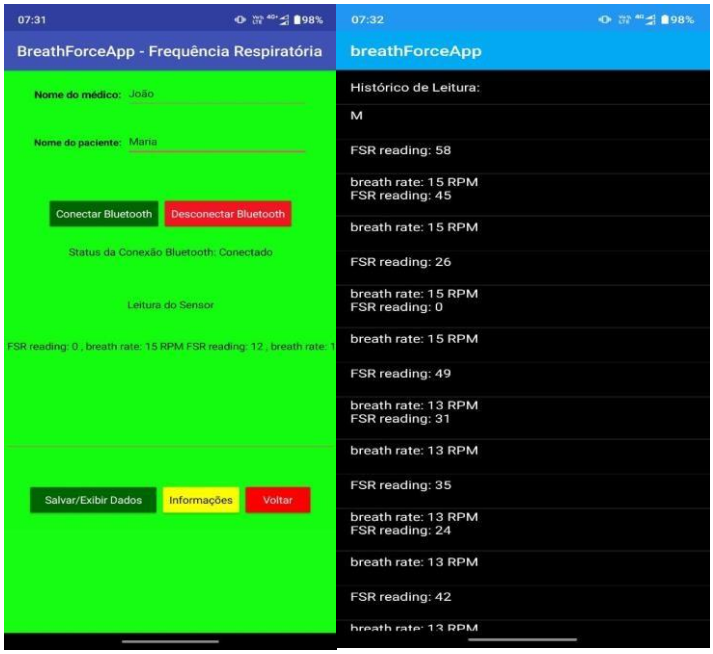

Figura 4: Captura de ela mostrando o aplicativo exibindo dados em tempo real do sensor FSR402, permitindo o acompanhamento das leituras recentes e facilitando a interpretação e monitoramento das medições. Fonte: O autor (2023)

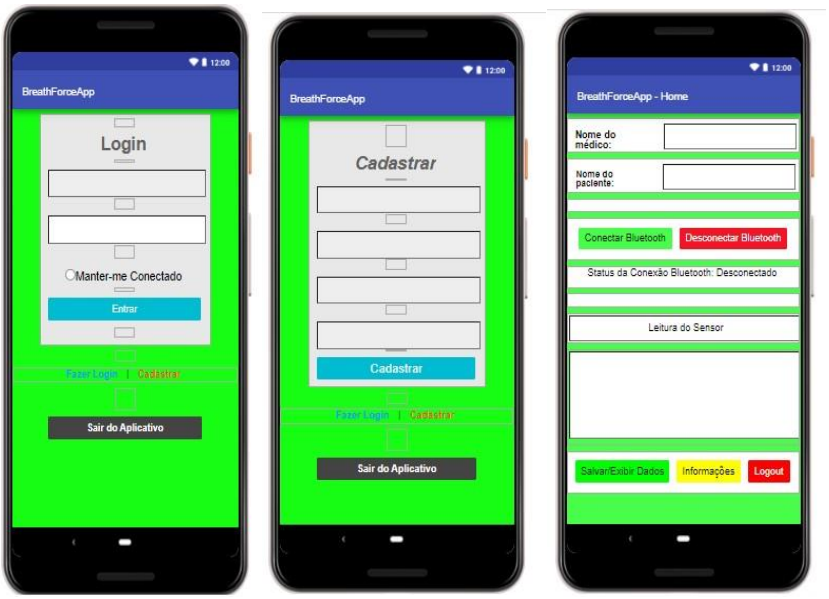

Figura 5: Capturas de tela que ilustram as etapas de cadastro, login e a interface principal do aplicativo, proporcionando uma visão abrangente da experiência do usuário. Fonte: O autor (2023)

Para utilizar o aplicativo, primeiramente o usuário deve informar o nome do médico e do paciente. Esse procedimento é necessário pois o arquivo em texto gerado pela leitura dos dados contém o nome de ambos, com o intuito de facilitar a busca por um arquivo em específico. Logo após, é preciso conectar o aplicativo com o sensor via bluetooth. Uma vez conectado, os dados serão exibidos na área Leitura do Sensor.
O botão Salvar/Exibir Dados irá exibir os dados registrados e salvar em um arquivo de texto. Para interromper a leitura dos dados, basta encerrar a conexão via bluetooth entre o sensor e o aplicativo. O botão de Logout faz com que feche essa tela principal e volte para a tela de Login. A figura 6 representa graficamente a leitura desses dados.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
FSR reading	69	35	50	32	49	35	50	30	56	35	0	62	0	34	32	75	32	18	29	1	59	30
breath rate(RPM)	0	0	0	0	0	0	15	15	15	15	15	15	15	15	15	12	12	12	12	12	12	12

Figura 6: Imagem ilustrando o registro gráfico da frequência respiratória, obtido a partir das medições do sensor FSR402. Fonte: O autor (2023).

7. Conclusão

Com base na revisão bibliográfica apresentada sobre o uso de medidores de frequência respiratória (FSR), é possível concluir que a frequência respiratória é um importante indicador da saúde humana, tendo aplicações clínicas cruciais na avaliação do estado clínico do paciente e na detecção de alterações respiratórias.

A frequência respiratória é um parâmetro fisiológico essencial, refletindo o ritmo dos movimentos de inspiração e expiração, fornecendo informações vitais sobre o funcionamento do sistema respiratório. Ao apresentar os conceitos de frequência respiratória, sua importância e relação com a saúde humana, destacou-se como o monitoramento adequado dessa variável pode auxiliar na detecção de problemas respiratórios e cardiovasculares, bem como em condições como taquipneia e dispneia, que podem indicar distúrbios subjacentes.

O artigo também explorou as tecnologias disponíveis para a medição da frequência respiratória, ressaltando a importância dos métodos automatizados, como o sensor de força resistivo FSR402, por sua precisão e confiabilidade. A descrição detalhada do projeto do monitoramento utilizando o sensor e o aplicativo breathForceApp demonstra uma abordagem prática e viável para obter e armazenar dados de frequência respiratória, possibilitando seu uso em ambientes clínicos ou em situações de monitoramento contínuo.

Concluindo, o trabalho apresentou uma revisão abrangente sobre a medição da frequência respiratória e suas implicações clínicas, destacando a relevância da adoção de tecnologias modernas, como o sensor FSR402, para a obtenção precisa e contínua de dados respiratórios. Essa abordagem pode fornecer aos profissionais de saúde uma ferramenta útil e eficaz para avaliação e monitoramento de pacientes, contribuindo para um diagnóstico mais precoce e um atendimento mais adequado, com o potencial de melhorar significativamente os cuidados com a saúde respiratória e cardíaca dos pacientes. Por último espera-se que nas próximas etapas esse sistema integrado seja validado por meio da utilização de instrumentos de referência, de modo a garantir a confiabilidade dos dados fornecidos.

REFERÊNCIAS

BATES, A.; LING, M. J.; MANNJ.; ARVIND D. K. (2010) Respiratory rate and flow waveform estimation from tri-axial accelerometer data, International Conference on Body Sensor Networks.

GRASSMANN, M. et al. (2016) Respiratory changes in response to cognitive load: a systematic review. Neural Plasticity, v. 2016, p. 8146809.

HALL, J. E. (2017) Tratado de fisiologia médica. 13 ed. Rio de Janeiro: Elsevier

HOOKER, E. A.; O'BRIEN, D. J.; DANZL, D. F.; BAREFOOT, J. A.; BROWN, J. E. (1989). "Respiratory rates in emergency department patients, " J. Emerg.Med., vol. 7, no. 2, pp. 129–32, Jan 1989

LEONEL, C. (2018) Tipos e frequências da respiração. Medicina Mitos & Verdades. São Paulo, 16 de janeiro de 2018. Disponível em https://www.medicinamitoseverdades.com.br/blog/tipos-e-frequencias-da-respiracao . Acesso em: 06 ago. 2023.

LOPES, M. E. S.; ONUKI DE MENDONÇA, B. T.; GUIMARÃES, P. J. R.; ALMEIDA, R. B. de A. de; OLIVEIRA, D. L. C. de; OLIVEIRA, S. G. (2020). FISIOPATOLOGIA DA TAQUIPNEIA TRANSITÓRIA DO RECÉM-NASCIDO. SEMPESq - Semana de Pesquisa da Unit - Alagoas, [S. l.], n. 8, 2020. Disponível em: https://eventos.set.edu.br/al_sempesq/article/view/13637. Acesso em: 6 ago. 2023.

MARCONDES, C. G.; BATISTA, L. V., BRITO, A. V. (2015) Monitor de Frequência Respiratória Utilizando Dois Acelerômetros. Centro de Informática – Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa. Disponível em https://sol.sbc.org.br/index.php/sbcas/article/download/10363/10228/. Acesso em: 06 ago. 2023.

MARTINEZ, J. A. B.; PADUA, A. I.; TERRA FILHO, J. (2004). Dispnéia. Medicina (Ribeirão Preto), [S. l.], v. 37, n. 3/4, p. 199-207, 2004. DOI: 10.11606/issn.2176-7262.v37i3/4p199-207. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/497. Acesso em: 6 ago. 2023.

MORSHC, J. A. (2022) Qual a frequência respiratória normal por idade, como medir e avaliar. Morsch Telemedicina. Rio Grande do Sul, 27 de janeiro de 2022. Disponível em https://telemedicinamorsch.com.br/blog/frequencia-respiratoria-normal. Acesso em: 06 ago. 2023.

APENDICE A

DEVELOPMENT OF AN ARDUINO SYSTEM FOR RESPIRATORY RATE ACQUISITION

Abstract. *Respiratory rate is a crucial indicator of human health, widely used in various medical areas to assess the clinical status of patients and detect respiratory abnormalities. This article presents a review of the literature on the use of respiratory rate monitors (RRF), discussing the main measurement methods, available monitoring technologies, and clinical applications of this information. Based on these insights, a circuit was designed, along with a corresponding app, to measure and record respiratory rate. The results demonstrate the successful implementation and functionality of the circuit and application in capturing respiratory data. This integrated system is promising when we talk about improving health monitoring and management, contributing to improving patient care and outcomes.* ***Keywords:*** *Respiratory rate, respiratory frequency, health monitoring, FSR402 sensor, mobile health.*