

PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE SINAIS CARDÍACOS COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Elias F. Chaves¹ (IC), João Paulo R. R. Leite¹ (PQ)

¹Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)

Palavras-chave: algoritmo, fotopletismografia, *machine learning*, pressão arterial.

Introdução

A Pressão Arterial (PA) é um indicador vital da saúde cardiovascular, estando relacionada com doenças cardíacas e com a hipertensão. A hipertensão afeta cerca de um quarto da população brasileira [1], sendo responsável por mais de 150 mil mortes no país em 2021 [2]. Portanto, o constante monitoramento da PA é importante para que seja possível mantê-la estável, porém esse controle pode ser desafiador devido aos métodos atuais de aferição.

A utilização do esfigmomanômetro é muitas vezes trabalhosa e pode causar desconforto nos pacientes. Com o intuito de proporcionar maior conforto ao paciente durante a aferição da PA, é conveniente encontrar um método não invasivo que possa ser utilizado de forma contínua.

A fotopletismografia (PPG) é uma tecnologia versátil e de baixo custo, geralmente utilizada para medir a frequência cardíaca, que, segundo pesquisas, possuem relação com a estimativa da Pressão Arterial Sistólica (PAS) e da Pressão Arterial Diastólica (PAD) [3].

O objetivo deste trabalho é aplicar técnicas de aprendizado de máquina (do inglês: *machine learning*), como pré-processamento dos dados e treinamento e avaliação de algoritmos, para desenvolver um algoritmo capaz de determinar a que classe de PA um indivíduo pertence. O algoritmo será alimentado com sinais de PPG juntamente com dados clínicos do paciente, tais como idade, sexo, peso, entre outros. O intuito é que esses algoritmos possam ser implementados em dispositivos comumente utilizados no cenário real.

Metodologia

A base de dados utilizada foi a “PPG-BP” [4], disponibilizada gratuitamente, consistindo de dados clínicos e sinais de PPG gravados de 219 pacientes entre 21 e 86 anos de idade, sendo 3 sinais de 2,1 segundos para cada paciente com uma taxa de amostragem de 1kHz.

A extração de parâmetros foi realizada a partir de funções desenvolvidas na linguagem de programação Python, que detectam picos e vales no sinal, encontram valores relacionados ao início e ao fim de um pulso cardíaco, determinam valores de largura sistólica e diastólica [5].

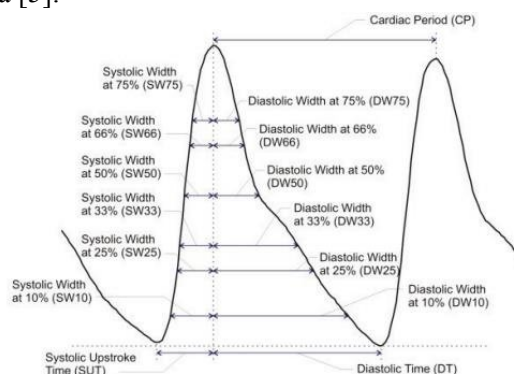


Figura 1 – Parâmetros a serem extraídos do sinal de PPG [6].

Após a extração dos parâmetros, eles são utilizados em conjunto com os dados clínicos como entrada para os diferentes algoritmos de aprendizado de máquina escolhidos para serem treinados. O primeiro treinamento realizado não atingiu resultados satisfatórios, portanto uma nova abordagem foi proposta.

A aplicação da técnica de *One Hot Encoding* em dados categóricos do conjunto de dados clínicos foi realizada, porém os algoritmos não apresentaram uma melhora significativa. A normalização dos parâmetros também foi abordada na tentativa de equalizar os valores de entrada para os algoritmos, melhorando significativamente os resultados, porém ainda longe do ideal.

A última abordagem consistiu na aplicação da técnica de *One Hot Encoding* no sinal de PPG, antes da extração dos parâmetros. Os resultados obtidos nessa etapa foram os melhores, passando de 95% de acurácia no modelo *Support Vector Machine*, sendo considerados resultados satisfatórios.

Resultados e discussão

Durante o desenvolvimento da pesquisa, os resultados sofreram uma melhora constante, sendo na última etapa que eles atingiram o nível desejado.

Na primeira etapa o melhor resultado foi obtido com o algoritmo *Random Forest*, com pouco mais de 50% de acurácia, o que foi próximo também do melhor resultado da segunda etapa, porém ele foi obtido com o algoritmo *Decision Trees*.

A etapa seguinte apresentou resultados melhores, alcançando mais de 60% de acurácia com o algoritmo *Support Vector Machine*, porém ainda estava longe de valores ideais.

Na quarta e última etapa, dois algoritmos alcançaram mais de 90% de acurácia, sendo que o *k-NN* obteve 92,36% e o *Support Vector Machine* chegou a 96,18%. Era necessário que o desempenho dos algoritmos fosse o maior possível, por se tratar da área da saúde, onde erros não podem ser tolerados com tanta frequência.

Dois trabalhos anteriores obtiveram algoritmos com acurácia de 99,5% [7-8], portanto foi determinado que o método proposto chegou próximo de trabalhos publicados em revistas científicas internacionais.

Trabalho	Método	Acurácia
Yen, Chang e Liao [9]	<i>ResNetCNN</i>	73.0%
Nour e Polat [7]	<i>Random Forest</i>	99.5%
Sadad et al. [8]	<i>Decision Trees</i>	99.5%
Método Proposto	<i>SVM</i>	96.18%

Tabela 1 – Comparação com o resultado de trabalhos anteriores.

Conclusões

O objetivo deste projeto foi desenvolver um novo método não invasivo capaz de terminar a classe de PA utilizando técnicas de análise de dados e *machine learning* aplicadas a sinais de PPG. O algoritmo que alcançou maior desempenho foi o *Support Vector Machine*, chegando a 96,18% de acurácia.

Os resultados satisfatórios obtidos indicam que o modelo desenvolvido possui potencial para ser implementado em dispositivos utilizados no cotidiano.

Para futuros trabalhos, o uso de uma base de

dados maior pode proporcionar melhores resultados, além de permitir a possibilidade de desenvolver algoritmos de regressão para determinar valores numéricos de PA, assim como detectar outras condições médicas, como diabetes e AVC.

Além do objetivo principal, que era desenvolver um novo método de aferição de PA, os objetivos acadêmicos de introdução à área de análise de sinais e inteligência artificial também foram atingidos, visto que o conhecimento obtido ao longo do projeto pode ser empregado em trabalhos futuros, assim como as informações relacionadas à utilização de sinais de PPG no âmbito de integração da medicina e da computação.

Agradecimentos

Ao meu orientador, o professor Dr. João Paulo R. R. Leite, por proporcionar a oportunidade da Iniciação Científica e pelas lições nesse ano de convívio.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa de estudos e auxílio financeiro que possibilitou a dedicação integral ao programa de iniciação científica.

Referências

- [1] Elaine Tomasi et al. “Adequação do cuidado a pessoas com hipertensão arterial no Brasil: Pesquisa Nacional de Saúde, 2013 e 2019”. Em: *Epidemiologia e Serviços de Saúde* 31 (2022).
- [2] Ministério da Saúde (BR). Departamento de Informática do SUS. Datasus: Tabnet - mortalidade - Brasil. [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2021 [citado 2023 julho]. Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/obt10uf_def.
- [3] Toshiaki Otsuka et al. “Utility of Second Derivative of the Finger Photoplethysmogram for the Estimation of the Risk of Coronary Heart Disease in the General Population”. Em: *Circulation Journal* 70.3 (2006), pp. 304–310. doi: 10.1253/circj.70.304.
- [4] Yongbo Liang et al. “A new, short-recorded photoplethysmogram dataset for blood pressure monitoring in China”. Em: *Scientific Data* 5.1 (fev. de 2018), p. 180020. issn: 2052-4463. doi: 10.1038/sdata.2018.20. url: <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.20>.
- [5] Sarah Rachel Rizzanti Pereira. *Inteligência Artificial Aplicada ao Processamento de Sinais Cardíacos*. Rel. técn. Itajubá - MG: Universidade Federal de Itajubá, set. de 2022.
- [6] Yuriy Kurylyak, Francesco Lamonaca e Domenico Grimaldi. “A Neural Network-based method for continuous blood pressure estimation from a PPG signal”. Em: 2013 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC). 2013, pp. 280–283. doi: 10.1109/I2MTC.2013.6555424.

[7] Majid Nour e Kemal Polat. “Automatic Classification of Hypertension Types Based on Personal Features by Machine Learning Algorithms”. Em: *Mathematical Problems in Engineering* 2020 (jan. de 2020), p. 2742781. issn: 1024-123X. doi: 10.1155/2020/2742781. url: <https://doi.org/10.1155/2020/2742781>.

[8] Tariq Sadad et al. “Detection of Cardiovascular Disease Based on PPG Signals Using Machine Learning with Cloud Computing”. Em: *Computational Intelligence and Neuroscience* 2022 (ago. de 2022), p. 1672677. issn: 1687-5265. doi: 10.1155/2022/1672677. url: <https://doi.org/10.1155/2022/1672677>.

[9] Chih-Ta Yen, Sheng-Nan Chang e Cheng-Hong Liao. “Deep learning algorithm evaluation of hypertension classification in less photoplethysmography signals conditions”. Em: *Measurement and Control* 54.3-4 (2021), pp. 439–445. doi: 10.1177/00202940211001904. eprint: <https://doi.org/10.1177/00202940211001904>. url: <https://doi.org/10.1177/00202940211001904>.