

Rede Neural ART *Fuzzy* Autoexpansível na previsão de sobrevida de pacientes com insuficiência cardíaca

Maria Luiza Fernandes¹, Otávio Augusto Faria², Angela Leite Moreno³

¹DCC/Unifal-MG Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil
(maria.luiza@sou.unifal-mg.edu.br)

²DCC/Unifal-MG Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil

³DEMAT/Unifal-MG Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Brasil

Resumo: A previsão de sobrevida de pacientes com insuficiência cardíaca (IC) é importante para determinar se o indivíduo deve realizar cirurgia ou investir em qualidade de vida. A utilização de classificadores para este propósito facilita na análise e classificação de sobrevida dos mesmos. Por isso, é desejável a construção de classificadores que apresentem bons resultados neste contexto. Assim, este trabalho apresenta os resultados obtidos pela rede neural ART *Fuzzy* Autoexpansível para o problema.

Palavras-chave: Reconhecimento de padrões; Aprendizado de Máquina; Teoria da Ressonância Adaptativa; Bioinformática; Doenças Cardiovasculares.

INTRODUÇÃO

As doenças cardiovasculares são distúrbios que afetam o coração ou os vasos sanguíneos sendo a principal causa de morte no mundo, estima-se que aproximadamente 17,9 milhões de pessoas morrem a cada ano por esse problema, representando 31% das mortes mundiais (WHO, 2017). Sua prevalência tem aumentado rapidamente devido ao envelhecimento da população. Ele se manifesta principalmente como infartos do miocárdio e insuficiência cardíaca, sendo que esta última é o foco da pesquisa.

Os efeitos colaterais e o risco de morte por IC precisam ser previstos, para que o paciente possa receber um melhor tratamento, de forma a prolongar a sobrevida do paciente e reduzir a mortalidade. Uma das alternativas para essa previsão é utilizar os dados do prontuário médico para quantificar os efeitos colaterais e encontrar padrões e correlações que não são detectados por médicos (Chicco e Jurman, 2020). Além disso, o tempo de sobrevida após uma cirurgia é importante e pode dar condições ao médico, à família e ao paciente se vale apenas passar pelo procedimento cirúrgico ou se é melhor investir na qualidade de vida do paciente no seu período terminal. Isso é importante tendo em vista que, dependendo das condições clínicas do paciente, este pode vir a óbito nos primeiros seis meses após a cirurgia, e esse tempo flutua dependendo das condições gerais de saúde.

Assim, ao utilizar técnicas de aprendizado de máquina, como redes neurais, pode-se antecipar os possíveis desfechos a partir das informações e reconhecer quais são os componentes mais significativos a partir dos registros clínicos.

Deste modo, o objetivo deste trabalho é apresentar os dados obtidos pela Rede Neural ART *Fuzzy* Autoexpansível (ARTFAE) (Moreno, 2016) para a previsão de sobrevida dos pacientes com IC utilizando a base de dados *Heart Failure Clinical Records*.

MATERIAL E MÉTODOS

A base de dados utilizada neste trabalho é a *Heart Failure Clinical Records Data Set*, disponível no repositório *UCI Machine Learning Repository* pertencente ao Centro para Aprendizado de Máquinas e Sistemas Inteligentes (Dua e Karra, 2021). A versão original dessa base de dados foi coletada de prontuários eletrônicos de pacientes com insuficiência cardíaca acompanhados durante o ano de 2015 no Instituto de Cardiologia e Hospital Aliado de Faisalabad-Paquistão pelos pesquisadores Tanvir Ahmad, Assia Munir, Sajjad Haider Bhatti, Muhammad Aftab e Muhammad Ali Raza da Universidade do Governo do Paquistão (Departamento de Estatística). A versão aqui utilizada foi elaborada por David e Chicco (2020) (Krembil Research Institute, Toronto, Canadá) e doado ao Repositório de Aprendizado de Máquina Irvine da Universidade da Califórnia. O banco possui 13 características clínicas de 299 pacientes com IC.

Foi realizado um estudo comparativo entre os resultados desenvolvidos neste trabalho com os encontrados na literatura. Além disso, no treinamento para evitar o *overfitting* foi utilizada a validação cruzada com dez repartições (*10-fold*). Para que a rede neural tivesse um melhor ajuste, foram feitas manipulações nos dados, como análise e remoção de *outliers*, normalização dos dados, análise de correlação entre os atributos, adição de novos

atributos através da técnica de *Principal Component Analysis* (PCA), tratamento de variáveis categóricas com *OneHotEncoder* e otimização dos parâmetros fazendo uma busca exaustiva, em que

- $\alpha \in \{0,001; 0,01; 0,1; 0,2; 0,3\}$;
- $\beta \in \{0,05; 0,1; 0,13; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3\}$; e
- ρ variando de 0,9 até 0,99 com incremento de 0,001.

Por fim, foi realizado um estudo de importância acerca das características clínicas dos pacientes para a previsão de sobrevida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O melhor resultado obtido foi com a aplicação da rede neural *Art Fuzzy* Autoexpansível no conjunto de dados tratado e normalizado com apenas as características clínicas de porcentagem de sangue que sai do coração a cada contração (EF), nível de creatinina sérica no sangue (SC) e período de acompanhamento em meses (FU). Para mensurar a eficácia do modelo foram utilizadas as métricas de acurácia (ACC), sensibilidade (Se), especificidade (Esp) e coeficiente de correlação de Matthew (MCC), sendo que a maximização da rede foi feita através da observação do retorno do MCC. Os melhores resultados obtidos foram: 85,7% de acurácia, 79,4% de sensibilidade, 74,3% de precisão e MCC de 0,668, com a configuração de parâmetros sendo, $\alpha = 0,01$; $\beta = 0,13$ e $\rho = 0,979$.

Analisando a Tabela 1 é possível notar que o retorno da métrica de MCC, que era o objetivo de maximização da rede implementada neste trabalho, foi superior ao resultado obtido na literatura.

CONCLUSÃO

Tendo em vista os pontos mencionados anteriormente, concluímos que o resultado foi satisfatório, visto que foi superior comparado ao encontrado na literatura. Além disso, o melhor resultado encontrado foi utilizando apenas as três colunas EF, SC e FU. Dessa forma, podemos concluir que é possível prever a sobrevida de pacientes com IC, analisando somente essas três características.

REFERÊNCIAS

- Chicco, D.; Jurman, G. Machine learning can predict survival of patients with heart failure from serum creatinine and ejection fraction alone. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, v. 20, n. 16, pp. 1-16, 2020.
- Dua, D.; Karra, T. E. *UCI Machine Learning Repository: University of California, School of Information and Computer Science*, 2017. Disponível em: <http://archive.ics.uci.edu/ml>, acesso em 03 Ago 2021.
- MORENO, A. L. *Redes Neurais ART e ARTMAP com Treinamento Continuado: Uma apresentação detalhada dos principais tipos de redes neurais do tipo ART e ARTMAP*. Saarbrücken: Novas Edições Acadêmicas, 2016.
- WHO – World Health Organization, *Cardiovascular diseases (CVDs)*, 2017.

Trabalho	Tipo dos dados	Classificador	Colunas	Método	ACC	MCC	Se	Esp
Chicco e Jurman (2020)	Originais	Regressão Logística	EF, SC e FU	70-30	83,8%	0,616	78,5%	86,0%
	Originais	Floresta Aleatória	EF e SC	60-20-20	58,5%	0,418	54,1%	85,5%
Este trabalho	Originais	SVM	EF e SC	60-20-20	54,3%	0,348	51,9%	81,6%
	Tratados e normalizados	ARTFAE	EF, SC e FU	10-fold	85,7%	0,668	79,4%	74,3%
	Tratados	ARTFAE	EF, SC e FU	10-fold	85,0%	0,638	79,8%	69,4%
	Normalizados	ARTFAE	EF, SC e FU	10-fold	82,2%	0,597	83,3%	60,4%
	Originais	ARTFAE	EF, SC e FU	10-fold	82,9%	0,608	76,7%	69,2%

Tabela 1. Comparativo da rede ARTFAE com os resultados da literatura.