

MACHINE LEARNING E RADIOMICS PARA ANÁLISE DE MORTALIDADE POR SEPSE EM IDOSOS DE UMA UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA DO HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DE MARINGÁ

João Marcelo de Souza Baptista (PIBIC/CNPq), Sanderland José Tavares Gurgel (Co-orientador). E-mail: sjturgel@uem.br, Luciano de Andrade (Orientador). E-mail: landrade@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Medicina, Maringá, PR.

Ciências da Saúde / Medicina / Radiologia Médica

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Diagnóstico; Bioinformática.

RESUMO

A sepse é uma das principais causas de mortalidade em idosos em UTIs. Objetivos: este estudo avaliou variáveis clínicas, laboratoriais e radiômicas associadas à mortalidade e testou modelos de aprendizado de máquina para predição de risco. Metodologia: trata-se de uma coorte retrospectiva realizada em uma UTI universitária de Maringá entre 2015 e 2024, incluindo pacientes ≥ 60 anos com sepse. Dados clínicos e laboratoriais foram obtidos de prontuários eletrônicos, enquanto variáveis radiômicas de tomografias de tórax, quando disponíveis, foram extraídas pelo 3D Slicer. O conjunto foi dividido em treino e teste (70/30) com imputação de faltantes e validação cruzada. Resultados: foram incluídos 67 pacientes, sendo 36 óbitos e 31 altas. A mortalidade associou-se à leucocitose ($p=0,037$), maior percentual de neutrófilos ($p=0,046$), plaquetopenia limítrofe ($p=0,050$), acidemia ($p=0,010$), sódio e potássio elevados ($p=0,034$; $p=0,032$) e ureia aumentada ($p=0,001$). Apenas 19 pacientes possuíam tomografia, e as variáveis radiômicas refletiram heterogeneidade pulmonar, destacando-se medidas de entropia e variância, mas foram analisadas apenas de forma exploratória. Entre os modelos de machine learning, o Random Forest apresentou melhor desempenho (AUC 0,756; acurácia 0,737). Discussão: os achados confirmam a relevância de parâmetros laboratoriais simples na estratificação de risco, enquanto a análise radiômica mostrou potencial complementar, embora limitada pelo número reduzido de exames. O uso de algoritmos de machine learning demonstra aplicabilidade prática, mas requer validação em coortes maiores e multicêntricas. Conclusão: a integração de dados clínicos e laboratoriais com aprendizado de máquina mostrou potencial para apoiar decisões prognósticas em idosos sépticos.

INTRODUÇÃO

A sepse é uma das principais causas de morbimortalidade em idosos, com impacto significativo em UTIs e alta taxa de óbitos no Brasil e no mundo (BONFADA et al., 2017). A vulnerabilidade dessa população decorre de fragilidade, múltiplas comorbidades, imunossenescência e maior exposição a dispositivos invasivos. Algoritmos de aprendizado de máquina têm demonstrado redução da mortalidade e do tempo de internação em pacientes sépticos (Shimabukuro *et al.*, 2017), enquanto a radiômica permite extrair informações quantitativas de imagens médicas para prever falência de órgãos (Boutin *et al.*, 2023). Este trabalho propôs-se a combinar machine learning e radiômica para prever mortalidade em idosos com sepse internados em UTI, apontando para um potencial suporte ao manejo clínico e aprimorando o prognóstico desses pacientes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo consiste em uma coorte retrospectiva realizada em uma UTI de hospital universitário em Maringá, entre 2015 e 2024, utilizando dados do Serviço de Prontuários do Paciente e do Setor de Imagenologia. Foram incluídos pacientes com 60 anos ou mais diagnosticados com sepse, considerando variáveis clínicas e laboratoriais. A análise radiômica foi realizada a partir de tomografias de tórax, quando disponíveis, por meio do Slicer 3D.

Foram construídos modelos de machine learning para avaliar o desfecho de mortalidade em relação às variáveis clínicas e laboratoriais, com divisão do conjunto de dados em treino e teste (70/30) e imputação de dados faltantes. As variáveis radiômicas foram analisadas apenas quanto à correlação com a mortalidade e selecionadas pelo algoritmo máxima relevância e mínima redundância (mRMR), sem inclusão nos modelos preditivos. O desempenho dos modelos foi avaliado por validação cruzada, sendo selecionado o modelo final com base em AUC e sensibilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados 67 pacientes idosos com sepse internados na UTI do Hospital Universitário de Maringá, dos quais 36 evoluíram para óbito e 31 receberam alta. Não houve diferença significativa quanto a idade e sexo entre os grupos, porém variáveis laboratoriais mostraram associação com mortalidade. Entretanto, parâmetros laboratoriais associaram-se à mortalidade, principalmente os leucócitos mais elevados ($p=0,037$), maior percentual de neutrófilos ($p=0,046$), plaquetopenia limítrofe ($p=0,050$), acidemia ($p=0,010$), distúrbios eletrolíticos com sódio e potássio aumentados ($p=0,034$ e $p=0,032$) e níveis de ureia significativamente superior ($p=0,001$). Esses achados refletem a gravidade da resposta inflamatória sistêmica e da disfunção renal na evolução da sepse, corroborando estudos prévios que apontam tais marcadores como preditores de pior prognóstico em idosos críticos (Lakatos; Martins, 2004).

As variáveis radiômicas extraídas evidenciaram padrões de heterogeneidade pulmonar associados à sepse, com destaque para texturas relacionadas a entropia e

variância. No entanto, como apenas 19 pacientes possuíam tomografia de tórax disponível, essas variáveis foram analisadas apenas em caráter exploratório e não integraram os modelos finais de predição.

Na análise preditiva com algoritmos de machine learning, o Random Forest apresentou melhor desempenho global (AUC 0,756; acurácia 0,737; sensibilidade 0,700; especificidade 0,778), destacando-se como o modelo mais promissor. O SVM obteve alta sensibilidade (0,800), porém com baixa especificidade (0,444), limitando sua aplicabilidade clínica. Os modelos Gradient Boosting e XGBoost alcançaram resultados intermediários (AUC 0,689 e 0,667), enquanto regressão logística (AUC 0,600) e KNN (AUC 0,528) mostraram performance inferior.

Tabela 1. Performance dos algoritmos para predição de mortalidade

Modelo	AUC	Acurácia	Sensibilidad e	Especificidade
RF	0,756	0,737	0,7	0,778
SVM	0,711	0,632	0,8	0,444
GBM	0,689	0,632	0,7	0,556
XGB	0,667	0,632	0,6	0,667
RL	0,600	0,579	0,5	0,667
KNN	0,528	0,579	0,4	0,778

RF: Random forest; SVM: Support Vector machine; GBM: Gradient Boosting; XGB: XGBoost; RL: Regressão Logística; KNN: k-nearest neighbors

A superioridade do Random Forest pode ser explicada por sua capacidade de lidar com dados clínicos e laboratoriais heterogêneos, característica comum em pacientes sépticos. Além disso, o equilíbrio entre sensibilidade e especificidade o torna mais adequado para a prática clínica, já que identifica de forma consistente os pacientes em risco, sem gerar excesso de falsos positivos. Esses achados estão em consonância com a literatura, que aponta esse algoritmo como um dos mais robustos em cenários de predição em terapia intensiva (Lv *et al.*, 2024).

CONCLUSÕES

A combinação de variáveis clínicas, laboratoriais e modelos de aprendizado de máquina mostrou-se útil para estratificação de risco em idosos com sepse. Entretanto, o tamanho amostral reduzido, a análise radiômica restrita e o caráter unicêntrico do estudo limitam a generalização dos achados. Pesquisas multicêntricas, com maior número de pacientes e incorporação ampliada de

variáveis radiômicas, são necessárias para validar e expandir a aplicabilidade desses modelos na predição de mortalidade em sepse.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pelo incentivo e apoio financeiro por meio da bolsa de iniciação científica, que tornou possível a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

BONFADA, D. et al. Survival analysis of elderly patients in Intensive Care Units. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 20, p. 197–205, 2017.

BOUTIN, L. et al. Radiomic analysis of abdominal organs during sepsis of digestive origin in a French intensive care unit. **Acute and Critical Care**, v. 38, n. 3, p. 343–352, 31 ago. 2023.

LAKATOS, E. M.; MARTINS, M. de A. Proportional analysis of inflammatory and prothrombotic markers as predictors of renal function decline in elderly individuals. **Cardiovascular Health Study**, 2004.

LV, X. et al. Machine learning for the prediction of mortality in patients with sepsis-associated acute kidney injury: a systematic review and meta-analysis. **BMC Infectious Diseases**, v. 24, n. 1, 21 dez. 2024.

SHIMABUKURO, D. W. et al. Effect of a machine learning-based severe sepsis prediction algorithm on patient survival and hospital length of stay: a randomised clinical trial. **BMJ Open Respiratory Research**, v. 4, n. 1, p. e000234, nov. 2017.