

Tecnologias emergentes na avaliação de profundidade e extensão de queimaduras: Da arte clínica à inteligência artificial

Emerging technologies in assessing burn depth and extent: From clinical art to artificial intelligence

Tecnologías emergentes para evaluar la profundidad y extensión de las quemaduras: Del arte clínico a la inteligencia artificial

Fabiano Calixto Fortes de Arruda

A avaliação da profundidade e da extensão de uma queimadura é, há décadas, um dos pilares críticos para definir conduta terapêutica, prognóstico e alocação de recursos. É também um desafio clínico, ainda que o julgamento clínico experiente continue sendo a ferramenta mais empregada, ele permanece sujeito a variabilidade significativa entre observadores, especialmente nos graus intermediários de lesão dérmica¹. Nesse contexto, as tecnologias emergentes — como imagem digital, ultrassonografia, espectroscopia, termografia e inteligência artificial (IA) — vêm transformando o modo como o cirurgião plástico e a equipe multidisciplinar compreendem o tecido lesado¹.

Na última década, a convergência entre visão computacional e aprendizado profundo (*deep learning*) tem possibilitado que algoritmos analisem padrões complexos de coloração, textura e perfusão cutânea com acurácia comparável (e, em alguns estudos, superior) à de especialistas humanos². Sim, é de se questionar a seleção dos humanos e das máquinas, mas pensando em homogeneizar o diagnóstico estas ferramentas se tornam interessantes. Modelos treinados com milhares de imagens de queimaduras, processados por redes neurais complexas, vêm sendo capazes de classificar automaticamente a profundidade das lesões e estimar a área corporal queimada com erro inferior a 5%³. Tais avanços podem reduzir erros diagnósticos, uniformizar critérios de referência e agilizar decisões em ambientes de emergência. Facilitaria em muito a decisão de ações baseadas em diagnóstico correto.

No entanto, os avanços tecnológicos precisam ser regulados com senso crítico. A qualidade das bases de dados, a padronização das imagens, e as questões éticas de privacidade e consentimento são desafios concretos. A maioria dos bancos de imagens disponíveis reflete populações específicas — geralmente caucasianas, em ambientes controlados — o que limita a aplicabilidade global e pode introduzir vieses raciais e étnicos relevantes, especialmente em países tropicais e de renda média, como o Brasil⁴. Além disso, o custo de aquisição de sistemas de imagem termográfica, câmeras

espectrais ou ultrassons portáteis de alta resolução ainda restringe o uso rotineiro fora de centros de referência⁵.

O uso da IA no cuidado ao paciente queimado também suscita questões éticas e operacionais. Quem é o responsável pela decisão clínica diante de um resultado automatizado? Como validar algoritmos que continuam aprendendo e se modificando? Qual a fronteira entre apoio diagnóstico e substituição da experiência humana? Essas perguntas precisam ser abordadas com transparência, governança de dados e diretrizes éticas compartilhadas por sociedades científicas⁶.

Apesar dos obstáculos, o potencial dessas tecnologias é inegável. Em países emergentes, a combinação de dispositivos portáteis de baixo custo e algoritmos embarcados em *smartphones* pode revolucionar a triagem pré-hospitalar, apoiar o médico generalista e facilitar o encaminhamento rápido a centros especializados^{7,8}. A telemedicina, associada a plataformas de IA, pode reduzir desigualdades regionais e aprimorar o tempo de resposta no tratamento inicial.

Assim, o desafio contemporâneo não é apenas técnico, mas humanístico e político: integrar a inovação à realidade do SUS e dos sistemas híbridos de saúde latino-americanos. A incorporação responsável da IA e da imagem médica deve vir acompanhada de educação, validação local, acessibilidade e ética. A “arte clínica” na avaliação das queimaduras não desaparecerá; ela será ampliada e refinada pela inteligência coletiva das novas tecnologias.

DESCRITORES: Queimaduras. Inteligência Artificial. Ultrassonografia. Aprendizado de Máquina. Acesso à Tecnologia em Saúde.

KEYWORDS: Burns. Artificial Intelligence. Ultrasonography. Machine Learning. Access to Health Technology.

PALABRAS CLAVE: Quemaduras. Inteligencia Artificial. Ultrasonografía. Aprendizaje Automático. Acceso a la Tecnología Sanitaria.

REFERÊNCIAS

1. Brekke RL, Almeland SK, Hufthammer KO, Hansson E. Agreement of clinical assessment of burn size and burn depth between referring hospitals and burn centres: A systematic review. *Burns*. 2023;49(3):493-515. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.burns.2022.05.007>
2. Taib BG, Karwath A, Wensley K, Minku L, Gkoutos GV, Moiemen N. Artificial intelligence in the management and treatment of burns: A systematic review and meta-analyses. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2023;77:133-61. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjps.2022.11.049>
3. Lee S, Rahul, Lukan J, Boyko T, Zelenova K, Makled B, et al. A deep learning model for burn depth classification using ultrasound imaging. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2022;125:104930. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104930>
4. Li H, Bu Q, Shi X, Xu X, Li J. Non-invasive medical imaging technology for the diagnosis of burn depth. *Int Wound J*. 2024;21(1):e14681. DOI <http://dx.doi.org/10.1111/iwj.14681>
5. Rangaiah PKB, Kumar BPP, Huss F, Augustine R. Precision diagnosis of burn injuries using imaging and predictive modeling for clinical applications. *Sci Rep*. 2025;15(1):7604. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-025-92096-4>
6. E Moura FS, Amin K, Ekwobi C. Artificial intelligence in the management and treatment of burns: a systematic review. *Burns Trauma*. 2021;9:tkab022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/burnst/tkab022>
7. Wilson RH, Rowland R, Kennedy GT, Campbell C, Joe VC, Chin TL, et al. Review of machine learning for optical imaging of burn wound severity. *J Biomed Opt*. 2024;29(2):020901. DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/1.JBO.29.2.020901>
8. Arruda FCF, Neves CGL, Prado M, Paula PRS de. Uso de aplicativos móveis em cirurgia plástica. *Rev Bras Cir Plást*. 2015;30(1):101-4. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/2177-1235.2015RBCP0123>

AFILIAÇÃO DO AUTOR

Fabiano Calixto Fortes de Arruda - Cirurgião Plástico no Hospital Santa Helena e no Hospital Israelita Albert Einstein, Goiânia, GO; Editor-Chefe da Revista Brasileira de Queimaduras, 2025-2026. E-mail: doutorfabianocalixto@gmail.com.