

APLICAÇÃO DO DEEP LEARNING NA IDENTIFICAÇÃO AUTOMATIZADA DE ASSINCRONIAS PACIENTE-VENTILADOR EM TERAPIA INTENSIVA

EDITADO POR
Edson Silva-Filho

REVISADO POR
Juliana Guimarães

RECEBIDO: 08 de Maio de 2026

ACEITO: 21 de Maio de 2026

PUBLICADO: 08 de Junho de 2026

COPYRIGHT

© 2026. Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CCBY). O uso, distribuição ou reprodução em outros fóruns é permitido, desde que o(s) autor(es) original(is) e o(s) proprietário(s) dos direitos autorais sejam creditados e que a publicação original neste periódico seja citada, de acordo com a prática acadêmica aceita. Não é permitido uso, distribuição ou reprodução que não esteja em conformidade com esses termos.

Priscila Soares Mulatinho Belo, Andrei Luiz Sales Teixeira, Roberto Bezerra da Silva, Donato da Silva Braz Júnior

Centro de Ensino em Saúde/Faculdade Novo Horizonte – PE

RESUMO

Introdução: As assincronias paciente-ventilador representam importante desafio clínico em pacientes críticos submetidos à ventilação mecânica invasiva, estando associadas a desfechos negativos, como aumento do tempo de ventilação mecânica e mortalidade. Nesse contexto, o Deep Learning tem emergido como ferramenta promissora para automatização da monitorização ventilatória em Unidade de Terapia Intensiva. **Objetivo:** Analisar as evidências científicas relacionadas à aplicação do Deep Learning na identificação automatizada de assincronias paciente-ventilador em terapia intensiva, com enfoque na fisioterapia respiratória. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, fundamentada nas recomendações do PRISMA 2020. As buscas foram realizadas nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase e Biblioteca Virtual em Saúde, incluindo estudos publicados entre 2020 e 2025 relacionados à inteligência artificial aplicada à ventilação mecânica. **Resultados:** Foram incluídos 7 estudos na revisão. Os artigos demonstraram que os algoritmos baseados em aprendizado profundo e inteligência artificial apresentaram elevada sensibilidade diagnóstica na identificação automatizada das assincronias ventilatórias, favorecendo monitorização contínua e suporte à tomada de decisão clínica em pacientes críticos. **Discussão:** Os estudos evidenciaram que a inteligência artificial aplicada à ventilação mecânica possui potencial para otimizar a interação paciente-ventilador e reduzir limitações relacionadas à identificação manual das assincronias respiratórias. Entretanto, persistem desafios relacionados à padronização metodológica e validação clínica dos modelos computacionais. **Conclusão:** O Deep Learning apresenta elevado potencial para aprimorar a monitorização ventilatória em terapia intensiva, contribuindo para práticas mais precisas, seguras e individualizadas na fisioterapia respiratória intensiva.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Deep Learning. Ventilação Mecânica. Assincronia Paciente-Ventilador. Fisioterapia Respiratória.

ABSTRACT

Introduction: Patient-ventilator asynchrony represents an important clinical challenge in critically ill patients undergoing invasive mechanical ventilation and is associated with negative outcomes such as prolonged mechanical ventilation and increased mortality. In this context, Deep Learning has emerged as a promising tool for automated ventilatory monitoring in Intensive Care Units.

Objective: To analyze scientific evidence regarding the application of Deep Learning in the automated identification of patient-ventilator asynchrony in intensive care, focusing on respiratory physiotherapy.

Methodology: This is an integrative literature review based on PRISMA 2020 recommendations. Searches were conducted in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase, and Virtual Health Library databases, including studies published between 2020 and 2025 related to artificial intelligence applied to mechanical ventilation.

Results: Seven studies were included in the review. The findings demonstrated that Deep Learning algorithms and artificial intelligence models showed high diagnostic sensitivity in the automated identification of ventilatory asynchronies, contributing to continuous monitoring and clinical decision-making support in critically ill patients. **Discussion:** The studies demonstrated that artificial intelligence applied to mechanical ventilation may optimize patient-ventilator interaction and reduce limitations associated with manual identification of respiratory asynchronies. However, methodological standardization and clinical validation remain important challenges. **Conclusion:** Deep Learning has high potential to improve ventilatory monitoring in intensive care, contributing to safer, more precise, and individualized practices in intensive respiratory physiotherapy.

Keywords: Artificial Intelligence. Deep Learning. Mechanical Ventilation. Patient-Ventilator Asynchrony. Respiratory Physiotherapy.

INTRODUÇÃO

A ventilação mecânica invasiva constitui um dos principais recursos terapêuticos utilizados no manejo de pacientes críticos internados em Unidade de Terapia Intensiva (UTI), especialmente nos casos de insuficiência respiratória aguda e síndrome do desconforto respiratório agudo. Apesar dos avanços tecnológicos relacionados aos ventiladores mecânicos, as assincronias paciente-ventilador permanecem frequentes na prática clínica e estão associadas a importantes desfechos negativos, como aumento do tempo de ventilação mecânica, prolongamento da permanência hospitalar e elevação das taxas de mortalidade. Blanch et al. (2015) demonstraram que a presença de assincronias ventilatórias está diretamente relacionada a piores desfechos clínicos em pacientes críticos submetidos à ventilação mecânica invasiva. Dessa forma, a monitorização contínua da interação paciente-ventilador tornou-se um importante desafio assistencial na terapia intensiva (BLANCH et al., 2015).

As assincronias ventilatórias caracterizam-se pela incompatibilidade entre o esforço respiratório do paciente e o suporte ofertado pelo ventilador mecânico, podendo ocorrer em diferentes fases do ciclo respiratório. Entre os principais tipos descritos na literatura destacam-se o disparo ineficaz, a dupla ciclagem, o auto-disparo e a assincronia de fluxo. Segundo Vaporidi et al. (2017), essas alterações estão associadas ao aumento do trabalho respiratório, desconforto ventilatório e risco de lesão pulmonar induzida pela ventilação mecânica. Além disso, Kyo et al. (2021), em revisão sistemática e metanálise, evidenciaram que pacientes com elevados índices de assincronia apresentam maior risco de mortalidade e maior tempo de permanência em ventilação mecânica invasiva (VAPORIDI et al., 2017; KYO et al., 2021).

Embora a identificação das assincronias ventilatórias seja fundamental para otimização da assistência intensiva, a monitorização manual das curvas ventilatórias ainda apresenta importantes limitações clínicas. A interpretação dos waveforms respiratórios depende da experiência do profissional e da análise contínua dos parâmetros ventilatórios, o que pode dificultar a identificação precoce dos eventos assincrônicos em ambientes de elevada demanda assistencial. Sottile et al. (2018) destacam que métodos convencionais frequentemente subdiagnosticam esforços inspiratórios ineficazes durante a ventilação mecânica. Nesse contexto, a necessidade de ferramentas automatizadas para análise ventilatória tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias baseadas em inteligência artificial aplicadas à terapia intensiva (SOTTILE et al., 2018).

Nos últimos anos, a inteligência artificial, especialmente os modelos fundamentados em Deep Learning e aprendizado de máquina, tem emergido como importante ferramenta para análise

automatizada de sinais fisiológicos em pacientes críticos. Os algoritmos baseados em redes neurais artificiais apresentam elevada capacidade de reconhecimento de padrões complexos em grandes volumes de dados clínicos, favorecendo identificação automatizada das assincronias ventilatórias em tempo real. Rehm et al. (2019) desenvolveram um modelo computacional robusto para classificação automatizada de assincronias paciente-ventilador, demonstrando elevado potencial diagnóstico dos algoritmos de aprendizado de máquina aplicados à ventilação mecânica. Além disso, Bakkes et al. (2022) observaram elevada acurácia na detecção automatizada de assincronias ventilatórias utilizando modelos supervisionados de Machine Learning (REHM et al., 2019; BAKKES et al., 2022).

Mais recentemente, estudos envolvendo Deep Learning têm ampliado significativamente as possibilidades relacionadas à monitorização ventilatória inteligente em Unidade de Terapia Intensiva. Chen et al. (2024) demonstraram que redes neurais convolucionais apresentaram elevada especificidade diagnóstica na classificação automatizada de padrões respiratórios em pacientes ventilados mecanicamente. Da mesma forma, Gupta et al. (2025) evidenciaram que modelos de aprendizado profundo aplicados à segmentação temporal das curvas ventilatórias podem favorecer reconhecimento precoce das assincronias respiratórias e suporte à tomada de decisão clínica em tempo real. Paralelamente, Rietveld et al. (2025) destacam que a inteligência artificial aplicada à ventilação mecânica representa uma das principais perspectivas tecnológicas relacionadas à monitorização ventilatória de precisão em terapia intensiva (CHEN et al., 2024; GUPTA et al., 2025; RIETVELD et al., 2025).

No contexto da fisioterapia respiratória intensiva, a incorporação de sistemas automatizados baseados em Deep Learning pode contribuir significativamente para otimização da interação paciente-ventilador e monitorização contínua dos pacientes críticos. O fisioterapeuta intensivista desempenha papel fundamental no ajuste ventilatório, interpretação das curvas respiratórias e reconhecimento precoce das assincronias ventilatórias. Dessa forma, a utilização de tecnologias inteligentes capazes de auxiliar na análise automatizada dos parâmetros ventilatórios pode favorecer práticas assistenciais mais seguras, individualizadas e baseadas em dados objetivos. Assim, considerando os avanços recentes envolvendo inteligência artificial aplicada à ventilação mecânica, torna-se relevante investigar as evidências científicas relacionadas ao uso do Deep Learning na identificação automatizada de assincronias paciente-ventilador em Unidade de Terapia Intensiva.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, de caráter descritivo e abordagem qualitativa, desenvolvida com o objetivo de analisar as evidências científicas acerca da aplicação do Deep Learning na identificação automatizada de assincronias paciente-ventilador em Unidade de Terapia Intensiva (UTI), com enfoque na fisioterapia respiratória. A elaboração desta pesquisa foi fundamentada nas recomendações do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020), atualizado por Page et al. (2021), considerado um dos principais protocolos metodológicos para revisões científicas na área da saúde (PAGE et al., 2021).

Estratégia de busca

A busca dos estudos foi realizada nas seguintes bases de dados:

- PubMed/MEDLINE;
- Scopus;
- Web of Science;
- Embase;
- Biblioteca Virtual em Saúde (BVS).

Foram considerados artigos publicados entre janeiro de 2020 e Dezembro de 2025, considerando a rápida evolução tecnológica envolvendo inteligência artificial e monitorização ventilatória em terapia intensiva.

Os descritores utilizados foram combinados por meio dos operadores booleanos “AND” e “OR”:

- “Deep Learning”;
- “Artificial Intelligence”;
- “Mechanical Ventilation”;
- “Patient-Ventilator Asynchrony”;
- “Intensive Care Unit”;
- “Respiratory Therapy”;
- “Machine Learning”.

A utilização desses descritores buscou ampliar a sensibilidade da pesquisa e garantir maior abrangência na identificação dos estudos relevantes para a temática investigada (MUÑOZ et al., 2025; PAN et al., 2021).

Critérios de inclusão

Foram incluídos na pesquisa os estudos que atenderam aos seguintes critérios:

- Artigos originais publicados entre 2020 e 2025;
- Estudos disponíveis na íntegra;
- Publicações nos idiomas inglês, português e espanhol;
- Pesquisas envolvendo modelos de inteligência artificial ou Deep Learning aplicados à ventilação mecânica;
- Estudos relacionados à identificação automatizada de assincronias paciente-ventilador;
- Pesquisas envolvendo pacientes adultos internados em Unidade de Terapia Intensiva;
- Estudos observacionais, metodológicos, experimentais, revisões sistemáticas e revisões integrativas.

Segundo Pažout et al. (2025), os modelos baseados em aprendizado profundo vêm apresentando resultados promissores na identificação automatizada de assincronias ventilatórias, especialmente na análise contínua das curvas respiratórias (PAŽOUT et al., 2025).

Critérios de exclusão

Foram excluídos:

- Artigos duplicados entre as bases de dados;
- Estudos publicados fora do recorte temporal estabelecido;
- Resumos simples, cartas ao editor, editoriais e capítulos de livros;
- Dissertações e teses;
- Pesquisas envolvendo ventilação não invasiva;
- Estudos direcionados à população pediátrica ou neonatal;
- Artigos sem relação direta com assincronias ventilatórias ou Deep Learning;

- Pesquisas com metodologia insuficientemente descrita.

Kyo et al. (2021) destacam que a adoção de critérios rigorosos de elegibilidade contribui para maior qualidade metodológica e confiabilidade dos resultados em revisões relacionadas à ventilação mecânica (KYO et al., 2021).

Processo de seleção dos estudos

O processo de seleção ocorreu em três etapas:

1. Identificação

Realização das buscas nas bases eletrônicas e exportação dos artigos encontrados.

2. Triagem

Leitura dos títulos e resumos para análise inicial da elegibilidade.

3. Elegibilidade

Leitura completa dos artigos previamente selecionados para definição da amostra final da revisão.

Todo o processo metodológico seguiu as recomendações do fluxograma PRISMA 2020, garantindo maior transparência, reprodutibilidade e rigor científico da pesquisa (PAGE et al., 2021).

Extração e análise dos dados

Para organização das informações, foi elaborado um instrumento contendo as seguintes variáveis:

- Autor e ano;
- País de origem;
- Objetivo do estudo;
- Tipo de inteligência artificial utilizada;
- Modelo computacional empregado;
- Tipo de assincronia investigada;
- Metodologia aplicada;

- Principais resultados;
- Contribuições clínicas para a fisioterapia respiratória.

Os dados foram analisados de forma descritiva e interpretativa, permitindo identificar os principais avanços científicos relacionados ao uso do Deep Learning na detecção automatizada de assincronias ventilatórias.

Estudos recentes demonstram que modelos baseados em redes neurais profundas apresentam elevada sensibilidade e especificidade na identificação dessas assincronias, podendo contribuir para otimização da monitorização ventilatória e apoio à tomada de decisão clínica em terapia intensiva (PAN et al., 2021; PAŽOUT et al., 2025).

RESULTADOS

Após aplicação das estratégias de busca nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Embase e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), foram inicialmente identificados 312 estudos relacionados à inteligência artificial aplicada à ventilação mecânica e à identificação automatizada de assincronias paciente-ventilador. Após remoção dos artigos duplicados e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos, permaneceram 34 estudos para leitura na íntegra. Ao final do processo de elegibilidade, 7 artigos compuseram a amostra final desta revisão integrativa, por apresentarem relação direta com a aplicação do Deep Learning e de modelos de inteligência artificial na monitorização ventilatória de pacientes críticos internados em Unidade de Terapia Intensiva.

Os estudos incluídos apresentaram predominância de delineamentos metodológicos, observacionais e computacionais, publicados entre os anos de 2020 e 2025. Observou-se crescimento expressivo das pesquisas envolvendo aprendizado profundo aplicado à análise automatizada das curvas ventilatórias, especialmente após o avanço das redes neurais artificiais e dos sistemas inteligentes de processamento de sinais fisiológicos. A maior parte dos estudos investigou a capacidade dos algoritmos em identificar assincronias ventilatórias, como disparo ineficaz, dupla ciclagem e assincronia de fluxo, utilizando monitorização automatizada em tempo real.

Além disso, verificou-se que os principais desfechos avaliados pelos estudos incluíram sensibilidade diagnóstica, especificidade, reconhecimento precoce das assincronias ventilatórias e suporte à tomada de decisão clínica em terapia intensiva. De forma geral, os artigos demonstraram

que os sistemas automatizados apresentaram desempenho superior ou complementar à análise manual convencional, reduzindo limitações relacionadas à subjetividade clínica e ao subdiagnóstico dos eventos assíncronos. Esses achados reforçam o potencial da inteligência artificial como ferramenta de suporte à fisioterapia respiratória intensiva e à monitorização ventilatória de precisão em pacientes críticos.

Tabela 1 – Caracterização dos estudos incluídos na revisão integrativa

Autor/ Ano	Tipo de estudo	População	Desfecho avaliado	Principais achados	Algoritmo/ Tecnologia
Kyo et al., 2021	Revisão sistemática e metanálise	Pacientes em VM invasiva	Impacto clínico das assincronias	Assincronias associaram-se ao aumento da mortalidade e tempo de VM	Revisão de métodos automatizados
Pan et al., 2021	Estudo metodológico	Dados ventilatórios em UTI	Identificação automatizada de assincronias	Elevada sensibilidade diagnóstica	Deep Learning
Bakkes et al., 2023	Estudo metodológico	Dados simulados e clínicos	Classificação automatizada	Alta acurácia diagnóstica	Machine Learning
Rietveld et al., 2025	Revisão narrativa	Estudos de IA em VM	Aplicabilidade e clínica da IA	Potencial promissor da IA em UTI	Inteligência Artificial
Gupta et al., 2025	Experimental	Waveforms ventilatórios	Segmentação temporal automatizada	Melhora na identificação de assincronias	Redes neurais profundas
Muñoz et al., 2025	Observacional multicêntrico	Pacientes críticos ventilados	Deteção precoce de assincronias	Redução do subdiagnóstico	IA aplicada à ventilação
Pažout et al., 2025	Estudo computacional	Pacientes críticos	Deteção em tempo real	Alta sensibilidade diagnóstica	SmartAlert + Deep Learning

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

VM = Ventilação Mecânica; UTI = Unidade de Terapia Intensiva; IA = Inteligência Artificial.

Os estudos apresentados na Tabela 1 demonstraram que os modelos baseados em Deep Learning e aprendizado de máquina vêm sendo amplamente utilizados na identificação automatizada das assincronias ventilatórias em pacientes críticos. Observou-se predominância de algoritmos fundamentados em redes neurais profundas e sistemas inteligentes de processamento de

sinais respiratórios aplicados à análise das curvas de pressão, fluxo e volume obtidas durante a ventilação mecânica invasiva.

Os estudos de Pan et al. (2021), Gupta et al. (2025) e Pažout et al. (2025) destacaram-se pela elevada sensibilidade diagnóstica observada nos modelos automatizados, reforçando a capacidade da inteligência artificial em reconhecer padrões respiratórios complexos em tempo real. Paralelamente, Bakkes et al. (2023) e Muñoz et al. (2025) evidenciaram que os sistemas inteligentes podem favorecer monitorização contínua e suporte clínico mais preciso em Unidade de Terapia Intensiva. Esses achados sugerem que a utilização de Deep Learning aplicada à ventilação mecânica possui importante potencial para otimização da interação paciente-ventilador e fortalecimento da monitorização ventilatória de precisão.

Quadro 1 – Comparação entre as abordagens encontradas nos estudos selecionados

Estudo	Tipo de abordagem	Tipo de assincronia	Método utilizado	Vantagens observadas	Limitações identificadas
Kyo et al., 2021	Revisão sistemática	Assincronia s múltiplas	Revisão de evidências	Relação clínica consolidada	Heterogeneidad e metodológica
Pan et al., 2021	Deep Learning	Disparo ineficaz	Redes neurais profundas	Alta sensibilidade diagnóstica	Necessidade de grandes bases
Bakkes et al., 2023	Machine Learning	Assincronia s gerais	Algoritmos supervisionados	Elevada acurácia	Dependência de validação externa
Rietveld et al., 2025	Revisão tecnológica	Aplicações gerais de IA	Revisão narrativa	Potencial clínico promissor	Pouca padronização
Gupta et al., 2025	Deep Learning temporal	Assincronia s múltiplas	Redes neurais profundas	Monitorização contínua	Alto custo computacional
Muñoz et al., 2025	IA aplicada à UTI	Disparo ineficaz	IA clínica	Redução do subdiagnóstico	Complexidade operacional
Pažout et al., 2025	Deep Learning em tempo real	Dupla ciclagem	SmartAlert	Monitorização automatizada	Necessidade de integração clínica

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

IA = Inteligência Artificial; UTI = Unidade de Terapia Intensiva.

A análise comparativa dos estudos demonstrou que os modelos baseados em Deep Learning apresentaram melhores resultados relacionados à identificação automatizada das assincronias ventilatórias, principalmente em estudos envolvendo redes neurais profundas aplicadas à análise de waveforms respiratórios. Os trabalhos de Pan et al. (2021), Gupta et al. (2025) e Pažout et al. (2025) evidenciaram elevada sensibilidade diagnóstica na identificação de disparo ineficaz, dupla ciclagem e assincronia de fluxo, reforçando o potencial dessas tecnologias para monitorização ventilatória inteligente em Unidade de Terapia Intensiva.

Além disso, os estudos recentes demonstraram crescente utilização de sistemas automatizados em tempo real voltados ao suporte da tomada de decisão clínica. Bakkes et al. (2023) e Muñoz et al. (2025) destacaram que os algoritmos baseados em inteligência artificial possibilitam monitorização contínua e reconhecimento precoce das assincronias ventilatórias, contribuindo para maior precisão diagnóstica e potencial redução das complicações associadas à ventilação mecânica invasiva. Entretanto, os estudos também apontaram limitações relacionadas à necessidade de validação multicêntrica, padronização metodológica e dependência de grandes bases de dados para treinamento dos algoritmos.

DISCUSSÃO

Os algoritmos fundamentados em Deep Learning apresentam elevada capacidade de reconhecimento de padrões ventilatórios complexos, favorecendo maior precisão diagnóstica quando comparados aos métodos convencionais de monitorização manual. Nesse contexto, Pan et al. (2021) destacaram que os modelos baseados em redes neurais profundas apresentaram elevada sensibilidade na identificação automatizada das assincronias ventilatórias por meio da análise das curvas de pressão, fluxo e volume, reforçando o potencial dessas tecnologias para monitorização contínua em tempo real (PAN et al., 2021).

A elevada incidência de assincronias ventilatórias em pacientes críticos representa importante desafio clínico na terapia intensiva contemporânea. Segundo Kyo et al. (2021), pacientes submetidos à ventilação mecânica invasiva que apresentam elevados índices de assincronia possuem maior risco de mortalidade, prolongamento do tempo de ventilação mecânica e aumento da permanência hospitalar. Esses achados reforçam que a identificação precoce das assincronias ventilatórias possui impacto direto na evolução clínica dos pacientes críticos. Entretanto, a monitorização convencional baseada exclusivamente na interpretação manual das curvas ventilatórias ainda apresenta limitações relacionadas à subjetividade clínica, necessidade de

treinamento especializado e elevada demanda assistencial em ambientes intensivos, favorecendo o subdiagnóstico dos eventos assíncronicos (KYO et al., 2021).

Os estudos analisados demonstraram diferenças importantes entre os modelos de Machine Learning, Deep Learning e sistemas inteligentes aplicados à monitorização ventilatória. Os algoritmos tradicionais de Machine Learning, como os abordados por Bakkes et al. (2023), apresentaram elevada capacidade de classificação automatizada das assincronias ventilatórias utilizando modelos supervisionados e análise estatística de padrões respiratórios. Esses sistemas apresentam como principal vantagem menor custo computacional e maior interpretabilidade clínica dos dados, facilitando compreensão dos parâmetros analisados pelos profissionais de saúde. Entretanto, os modelos tradicionais frequentemente dependem de seleção manual de características dos sinais respiratórios, o que pode limitar a capacidade de reconhecimento de padrões altamente complexos quando comparados aos modelos de aprendizado profundo (BAKKES et al., 2023).

Por outro lado, os modelos fundamentados em Deep Learning demonstraram desempenho superior na análise automatizada das curvas ventilatórias, especialmente em estudos envolvendo redes neurais profundas aplicadas ao reconhecimento contínuo dos waveforms respiratórios. Gupta et al. (2025) observaram que os modelos de aprendizado profundo aplicados à segmentação temporal das curvas ventilatórias apresentaram elevada capacidade de reconhecimento precoce das assincronias respiratórias, favorecendo monitorização contínua e suporte à tomada de decisão clínica. Diferentemente do Machine Learning convencional, os modelos de Deep Learning possuem capacidade de aprendizado automático de características complexas dos sinais respiratórios, reduzindo dependência da intervenção manual durante o processamento dos dados. Contudo, esses algoritmos geralmente necessitam de grandes bases de dados para treinamento adequado e elevada capacidade computacional para implementação clínica em tempo real (GUPTA et al., 2025).

Outro aspecto relevante identificado refere-se aos sistemas inteligentes de monitorização contínua desenvolvidos para atuação em tempo real na Unidade de Terapia Intensiva. Pažout et al. (2025), por meio do sistema SmartAlert, demonstraram que os algoritmos baseados em Deep Learning podem atuar continuamente na detecção das assincronias ventilatórias, permitindo intervenções mais rápidas e potencial redução das complicações associadas à ventilação mecânica invasiva. Da mesma forma, Muñoz et al. (2025) destacaram que a utilização de inteligência artificial aplicada à monitorização ventilatória pode contribuir para redução do subdiagnóstico das assincronias ventilatórias em ambientes intensivos de elevada complexidade assistencial. Esses resultados reforçam o potencial clínico dos sistemas inteligentes integrados à prática assistencial,

especialmente no contexto da ventilação mecânica de precisão (PAŽOUT et al., 2025; MUÑOZ et al., 2025).

Entretanto, apesar dos avanços tecnológicos observados, os estudos analisados também evidenciaram importantes limitações relacionadas à validação clínica dos algoritmos. Observou-se heterogeneidade metodológica significativa entre os estudos, principalmente em relação aos critérios utilizados para definição das assincronias ventilatórias, tipos de algoritmos empregados e parâmetros ventilatórios analisados. Essa ausência de padronização dificulta comparabilidade entre os estudos e limita consolidação de protocolos clínicos universais para utilização da inteligência artificial na monitorização ventilatória. Além disso, muitos modelos ainda permanecem restritos a ambientes experimentais e bancos de dados simulados, dificultando extrapolação dos resultados para diferentes contextos hospitalares (KYO et al., 2021; RIETVELD et al., 2025).

A elevada sensibilidade diagnóstica observada nos estudos de Pan et al. (2021), Gupta et al. (2025) e Pažout et al. (2025) demonstra que os sistemas automatizados possuem importante potencial para identificação precoce das assincronias ventilatórias. Contudo, a literatura ainda apresenta limitações relacionadas à validação multicêntrica e reprodutibilidade clínica dos algoritmos em diferentes populações de pacientes críticos. Muitos estudos foram realizados com amostras reduzidas ou utilizando bases de dados específicas, o que pode comprometer a generalização dos modelos computacionais. Dessa forma, torna-se necessária a realização de pesquisas multicêntricas robustas que permitam avaliar desempenho, segurança e aplicabilidade clínica desses sistemas em cenários reais de terapia intensiva (PAN et al., 2021; GUPTA et al., 2025; PAŽOUT et al., 2025).

Outro ponto importante refere-se à integração entre os algoritmos de inteligência artificial e os ventiladores mecânicos utilizados na prática clínica. Embora os estudos demonstrem elevado potencial das tecnologias automatizadas para reconhecimento das assincronias ventilatórias, ainda existem desafios relacionados à interoperabilidade entre dispositivos, processamento contínuo dos dados fisiológicos e adaptação dos sistemas às diferentes interfaces ventilatórias disponíveis no ambiente hospitalar. Além disso, a incorporação dessas tecnologias na rotina assistencial exige capacitação das equipes multiprofissionais, incluindo fisioterapeutas intensivistas, médicos e profissionais de tecnologia aplicada à saúde (MUÑOZ et al., 2025; RIETVELD et al., 2025).

No âmbito da fisioterapia respiratória intensiva, os resultados desta revisão reforçam o potencial da inteligência artificial como ferramenta complementar de suporte clínico. A utilização de sistemas automatizados baseados em Deep Learning pode auxiliar o fisioterapeuta intensivista na

interpretação das curvas ventilatórias, ajuste dos parâmetros respiratórios e reconhecimento precoce das assincronias paciente-ventilador. Nesse sentido, Rietveld et al. (2025) destacam que a integração entre inteligência artificial e monitorização ventilatória representa uma das principais perspectivas tecnológicas relacionadas à terapia intensiva de precisão e assistência ventilatória individualizada. Assim, a associação entre Deep Learning, ventilação mecânica e fisioterapia respiratória apresenta potencial para transformar a monitorização ventilatória nas próximas décadas, favorecendo assistência mais segura, eficiente e baseada em dados objetivos (RIETVELD et al., 2025).

CONCLUSÃO

A presente revisão integrativa evidenciou que o Deep Learning aplicado à identificação automatizada de assincronias paciente-ventilador representa uma importante inovação tecnológica na terapia intensiva. Os estudos analisados demonstraram que os modelos baseados em inteligência artificial apresentam elevada capacidade de reconhecimento de padrões ventilatórios complexos, favorecendo maior precisão diagnóstica, monitorização contínua e suporte à tomada de decisão clínica em pacientes submetidos à ventilação mecânica invasiva.

Os achados também reforçaram o potencial da inteligência artificial como ferramenta complementar na fisioterapia respiratória intensiva, auxiliando na identificação precoce das assincronias ventilatórias e na otimização da interação paciente-ventilador. Dessa forma, a integração entre Deep Learning e monitorização ventilatória pode contribuir para práticas assistenciais mais seguras, precisas e individualizadas em Unidade de Terapia Intensiva.

Entretanto, ainda existem limitações relacionadas à padronização metodológica dos estudos, necessidade de validação multicêntrica e implementação clínica dos modelos computacionais. Assim, tornam-se necessárias novas pesquisas que ampliem a aplicabilidade dessas tecnologias na prática assistencial e fortaleçam o uso da inteligência artificial na ventilação mecânica e na fisioterapia respiratória intensiva.

REFERÊNCIAS

- BAKKES, M. et al. Automated detection and classification of patient-ventilator asynchrony by means of machine learning and simulated data. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Amsterdam, v. 230, p. 107363, 2023.
- BLANCH, L. et al. Asynchronies during mechanical ventilation are associated with mortality. *Intensive Care Medicine*, Berlin, v. 41, n. 4, p. 633-641, 2015.

- GUPTA, A. et al. Deep learning for time-series segmentation of ventilator waveform data. *Physiological Measurement*, Bristol, v. 46, n. 1, p. 015003, 2025.
- KYO, M. et al. Patient-ventilator asynchrony, impact on clinical outcomes and effectiveness of interventions: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Intensive Care*, Tokyo, v. 9, n. 1, p. 62, 2021.
- MUÑOZ, P. et al. Artificial intelligence-based monitoring systems for detection of patient-ventilator asynchrony in mechanically ventilated patients. *Heart & Lung*, New York, v. 74, p. 45-53, 2025.
- PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, London, v. 372, n. 71, p. 1-9, 2021.
- PAN, W. et al. Deep learning for automatic detection of patient-ventilator asynchrony based on ventilator waveform data. *Sensors*, Basel, v. 21, n. 12, p. 4149, 2021.
- PAŽOUT, J. et al. SmartAlert: machine learning-based patient-ventilator asynchrony detection in intensive care units. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, Amsterdam, v. 257, p. 108556, 2025.
- RIETVELD, W. J. et al. Current standing and future of artificial intelligence-based detection of patient-ventilator asynchrony. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, Dordrecht, v. 39, p. 1-12, 2025.
- VAPORIDI, K. et al. Respiratory drive in critically ill patients: pathophysiology and clinical implications. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, New York, v. 201, n. 1, p. 20-32, 2017.