



ISSN: 2595-1661

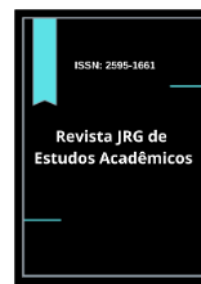
ARTIGO

Listas de conteúdos disponíveis em [Portal de Periódicos CAPES](https://portaldeperiodicos.capes.gov.br)

Revista JRG de Estudos Acadêmicos

Página da revista:

<https://revistajrg.com/index.php/jrg>



O uso da pressão positiva e hiperventilação no trauma cranioencefálico

The use of positive pressure and hyperventilation in traumatic brain injury

DOI: 10.55892/jrg.v9i20.2997

ARK: 57118/JRG.v9i20.2997

Recebido: 25/02/2026 | Aceito: 01/03/2026 | Publicado on-line: 03/03/2026

Adielma Silva dos Santos¹

<https://orcid.org/0009-0000-8501-1419>

<http://lattes.cnpq.br/2993403410328729>

Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas, Alagoas, Brasil

E-mail: bilobasantos@hotmail.com

Ana Karina de Albuquerque Pinto²

<https://orcid.org/00009-0008-6858-7959>

<http://lattes.cnpq.br/2280252107548697>

Brasil Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas, Alagoas, Brasil

E-mail: karina08.pinto@gmail.com

Kênia Rodrigues³

<https://orcid.org/00009-0009-0054-188X>

<http://lattes.cnpq.br/1856644388694529>

Brasil Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas, Alagoas, Brasil

E-mail: keniarodri74@gmail.com

Paulo Thomaz Oliveira Felix⁴

<https://orcid.org/0000-0002-4377-3295>

<http://lattes.cnpq.br/2484460457591964>

Secretaria de Estado da Saúde de Alagoas, Alagoas, Brasil

E-mail: paulooliveira14@hotmail.com

Zirlene Duarte Costa Barbosa⁵

<https://orcid.org/0009-0002-6392-0878>

<http://lattes.cnpq.br/6435169570359759>

Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas, Alagoas, Brasil

E-mail: zirlenecosta@hotmail.com



¹ Graduada em Fisioterapia CESMAC (2011). Especialista em Fisioterapia em Terapia Intensiva e Suporte Ventilatório - Instituição Castelo Branco (2018), Fisioterapeuta - Santa Casa de Misericórdia de Maceió (UTI). Mestranda do Mestrado Profissional Associativo em Terapia Intensiva-MPATI- SOPECC pela Faculdade Novo Horizonte de Ipojuca (2026).

² Graduada em Enfermagem pela Universidade Federal de Alagoas, UFAL (1998). Especialista em Terapia Intensiva FAVENI (2025). Mestranda do Mestrado Profissional Associativo em Terapia Intensiva-MPATI- SOPECC pela Faculdade Novo Horizonte de Ipojuca (2026). Atua como Enfermeira Intensivista na UTI Materna (MESM UNCISAL).

³ Graduada em Enfermagem pelo Centro Universitário CESMAC (2006). Especialista em Docência do Ensino Superior (CEAP). Graduada em Psicologia Anhanguera (2023). Pós graduada em Psicologia Hospitalar (FAVENI). Mestrado Profissional em Terapia Intensiva MPATI- SOPECC (Faculdade Novo Horizonte de Ipojuca 2026). Atua com consultoria e supervisão (Saúde).

⁴ Graduado em Enfermagem pelo Centro Universitário UniAGES - BA (2013). Mestre em Enfermagem - Universidade Federal de Sergipe - UFS. Enfermeiro Assistencial (UDT) do Hospital Geral do Estado (HGE) - Maceió - AL.

⁵ Graduada em Enfermagem pelo CESMAC (2008). Enfermeira Assistencial SESA. Mestranda em UTI MPATI - SOPECC (2026).



Resumo

O manejo ventilatório no trauma cranioencefálico (TCE) permanece objeto de controvérsia clínica, sobretudo no que concerne ao emprego da ventilação com pressão positiva e da hiperventilação como estratégias de controle da pressão intracraniana (PIC). O **problema de pesquisa** que orienta este estudo consiste em analisar, à luz das evidências publicadas entre 2020 e 2026, em que medida tais intervenções contribuem para a redução da hipertensão intracraniana sem agravar a lesão cerebral secundária. O **objetivo geral** é examinar criticamente a aplicabilidade, os limites fisiopatológicos e as repercussões clínicas dessas estratégias no TCE moderado e grave. **Metodologicamente**, trata-se de revisão narrativa crítica, fundamentada em diretrizes internacionais recentes, ensaios clínicos e revisões sistemáticas indexadas em bases de dados biomédicas. Os **resultados** indicam que a ventilação com pressão positiva é essencial para manutenção da oxigenação adequada, porém níveis elevados de pressão expiratória final positiva podem comprometer o retorno venoso cerebral e elevar a PIC. Quanto à hiperventilação, verifica-se que sua utilização profilática é desaconselhada, sendo recomendada apenas de forma transitória em situações de herniação iminente, devido ao risco de vasoconstrição cerebral excessiva e isquemia secundária. **Conclui-se** que ambas as intervenções devem ser individualizadas, guiadas por monitorização multimodal e parâmetros hemodinâmicos rigorosos, evitando-se condutas generalistas. O manejo ventilatório no TCE exige equilíbrio entre controle da PIC e preservação da perfusão cerebral, sob risco de agravamento neurológico.

Palavras-chave: Trauma cranioencefálico. Pressão intracraniana. Hiperventilação. Ventilação mecânica.

Abstract

*Ventilatory management in traumatic brain injury (TBI) remains a subject of clinical controversy, particularly regarding the use of positive pressure ventilation and hyperventilation as strategies for controlling intracranial pressure (ICP). The **research problem** guiding this study is to analyze, in light of evidence published between 2020 and 2026, to what extent such interventions contribute to reducing intracranial hypertension without aggravating secondary brain injury. The overall **objective** is to critically examine the applicability, pathophysiological limitations, and clinical repercussions of these strategies in moderate and severe TBI. **Methodologically**, this is a critical narrative review, based on recent international guidelines, clinical trials, and systematic reviews indexed in biomedical databases. The **results** indicate that positive pressure ventilation is essential for maintaining adequate oxygenation, but elevated levels of positive end-expiratory pressure can compromise cerebral venous return and increase ICP. Regarding hyperventilation, its prophylactic use is discouraged, being recommended only temporarily in situations of imminent herniation, due to the risk of excessive cerebral vasoconstriction and secondary ischemia. It is **concluded** that both interventions should be individualized, guided by multimodal monitoring and rigorous hemodynamic parameters, avoiding general approaches. Ventilatory management in TBI requires a balance between ICP control and preservation of cerebral perfusion, at the risk of neurological deterioration.*

Keywords: Traumatic brain injury. Intracranial pressure. Hyperventilation. Mechanical ventilation.



1. Introdução

O trauma cranioencefálico (TCE) constitui uma das principais causas de morbimortalidade global, com impacto epidemiológico expressivo em populações jovens e economicamente ativas. No Brasil, a relevância do tema se articula ao disposto na Lei nº 8.080, de 1990, que institui o Sistema Único de Saúde (SUS) e estabelece, em seu artigo 2º, que “a saúde é um direito fundamental do ser humano, devendo o Estado prover as condições indispensáveis ao seu pleno exercício” (BRASIL, 1990). Nesse contexto, o manejo adequado do TCE insere-se como responsabilidade estrutural do sistema público de saúde, exigindo protocolos baseados em evidências e alinhados às melhores práticas internacionais.

Do ponto de vista fisiopatológico, o TCE caracteriza-se por lesão primária imediata — decorrente do impacto mecânico — e lesão secundária progressiva, associada a fenômenos como edema cerebral, disfunção metabólica, excitotoxicidade e elevação da pressão intracraniana (PIC). A hipertensão intracraniana figura entre os principais determinantes de pior prognóstico, uma vez que compromete a pressão de perfusão cerebral (PPC), favorecendo hipóxia e isquemia. A literatura recente (2020–2026) tem enfatizado a necessidade de estratégias terapêuticas que controlem a PIC sem induzir efeitos adversos sistêmicos ou cerebrais.

A ventilação mecânica com pressão positiva integra o manejo padrão do TCE grave, sobretudo quando há rebaixamento do nível de consciência, insuficiência respiratória ou necessidade de proteção de vias aéreas. Entretanto, a interação entre pressão intratorácica elevada e retorno venoso cerebral suscita debate clínico relevante. A aplicação de pressão positiva expiratória final (PEEP), embora benéfica para a oxigenação, pode elevar a pressão venosa central e reduzir o gradiente de drenagem venosa encefálica, contribuindo potencialmente para aumento da PIC. Assim, o uso indiscriminado de parâmetros ventilatórios elevados revela-se fisiopatologicamente arriscado.

Paralelamente, a hiperventilação tem sido historicamente empregada como medida de redução rápida da PIC, fundamentada na diminuição da pressão parcial de dióxido de carbono (PaCO_2), que promove vasoconstrição cerebral e consequente redução do volume sanguíneo intracraniano. Contudo, evidências contemporâneas indicam que a vasoconstrição excessiva pode comprometer a perfusão cerebral, agravando a lesão secundária. Diretrizes internacionais atualizadas desaconselham a hiperventilação profilática prolongada, recomendando seu uso apenas como medida temporária diante de sinais clínicos de herniação iminente.

A relevância científica do tema encontra respaldo no princípio da integralidade previsto na Lei nº 12.401, de 2011, que altera a Lei nº 8.080/1990 e dispõe sobre a incorporação de tecnologias em saúde no SUS, estabelecendo que a assistência terapêutica deve ser baseada em evidências científicas (BRASIL, 2011). Tal fundamento normativo impõe a análise crítica das intervenções ventilatórias à luz da melhor produção científica disponível.

A problematização central desta pesquisa emerge da tensão entre dois imperativos clínicos: reduzir a PIC e preservar a perfusão cerebral adequada. Em termos fisiológicos, a equação da PPC — resultante da diferença entre pressão arterial média e PIC — demonstra que intervenções voltadas exclusivamente à redução da PIC podem, paradoxalmente, comprometer o fluxo sanguíneo cerebral se não houver equilíbrio hemodinâmico. Assim, questiona-se: em que medida a ventilação com pressão positiva e a hiperventilação, utilizadas no manejo do TCE moderado e grave, contribuem



efetivamente para o controle da hipertensão intracraniana sem ampliar o risco de lesão cerebral secundária?

O objetivo geral deste estudo é analisar criticamente a aplicabilidade clínica, os fundamentos fisiopatológicos e os limites terapêuticos do uso da pressão positiva e da hiperventilação no TCE, com base em evidências científicas recentes (2020–2026). Para alcançar tal finalidade, definem-se quatro objetivos específicos: (1) identificar os mecanismos fisiológicos envolvidos na relação entre ventilação mecânica e variações da PIC; (2) analisar os efeitos hemodinâmicos da PEEP sobre a drenagem venosa cerebral; (3) avaliar criticamente as evidências clínicas relativas ao uso da hiperventilação em situações de hipertensão intracraniana; e (4) comparar recomendações de diretrizes internacionais recentes quanto ao manejo ventilatório no TCE.

A justificativa deste estudo fundamenta-se na necessidade de decisões clínicas ancoradas em evidências robustas e atualizadas. Conforme argumenta Maas et al. (2022), a heterogeneidade fisiopatológica do TCE impõe abordagens individualizadas, sustentadas por monitorização multimodal e integração de parâmetros clínicos e laboratoriais. Tal perspectiva reforça a inadequação de protocolos rígidos e universalizantes, especialmente no que tange a intervenções com potencial de produzir efeitos paradoxais.

Além disso, a crescente incorporação de tecnologias de monitorização intracraniana e de métodos de avaliação da autorregulação cerebral exige revisão constante das práticas ventilatórias tradicionais. A literatura contemporânea aponta que a manutenção de níveis moderados de PaCO_2 (35–38 mmHg) tende a equilibrar controle da PIC e preservação da perfusão cerebral, ao passo que valores inferiores a 30 mmHg associam-se a maior risco de isquemia cerebral. Do mesmo modo, a aplicação de PEEP deve considerar parâmetros como complacência pulmonar, pressão venosa central e resposta individual da PIC.

Nesse cenário, a análise crítica do uso da pressão positiva e da hiperventilação no TCE transcende a dimensão meramente técnica, assumindo caráter epistemológico e ético. Trata-se de ponderar riscos e benefícios à luz de dados científicos atualizados, evitando tanto o abandono precipitado de estratégias úteis quanto sua aplicação indiscriminada. O manejo ventilatório, portanto, deve integrar-se a uma abordagem sistêmica, que contemple estabilidade hemodinâmica, controle metabólico, sedação adequada e monitorização contínua. Conclui-se que o debate sobre ventilação e hiperventilação no TCE permanece atual e exige refinamento conceitual contínuo. A consolidação de condutas baseadas em evidências recentes (2020–2026) representa condição indispensável para redução da mortalidade e das sequelas neurológicas associadas ao trauma cranioencefálico, reafirmando o compromisso científico com a excelência assistencial e a responsabilidade sanitária.

2. Metodologia

O delineamento metodológico deste estudo foi concebido a partir da necessidade de examinar criticamente, sob perspectiva contemporânea, o uso da ventilação com pressão positiva e da hiperventilação no manejo do trauma cranioencefálico, considerando sua complexidade fisiopatológica e a densidade técnica das evidências recentes. A natureza da pesquisa caracteriza-se como teórica, de base bibliográfica, com enfoque analítico-interpretativo, uma vez que não se pretendeu produzir dados empíricos primários, mas examinar criticamente a produção científica consolidada entre 2020 e 2026, articulando-a ao problema de pesquisa previamente delimitado. Tal escolha encontra respaldo na compreensão de que a pesquisa bibliográfica permite ao



investigador explorar criticamente o conhecimento já produzido, reinterpretando-o à luz de novos questionamentos e marcos conceituais (GIL, 2019).

A abordagem adotada foi qualitativa, pois o objetivo central não consistiu em mensurar estatisticamente variáveis clínicas, mas compreender, interpretar e problematizar os fundamentos fisiológicos, as indicações terapêuticas e os limites clínicos das intervenções ventilatórias no TCE. A investigação qualitativa, segundo Gil (2019), é apropriada quando o foco recai sobre significados, relações conceituais e interpretações críticas, especialmente em campos nos quais a complexidade do fenômeno exige leitura aprofundada e contextualizada. No presente estudo, a escolha dessa abordagem mostrou-se coerente com a intenção de examinar as evidências científicas recentes de modo reflexivo, evitando reducionismos mecanicistas.

Do ponto de vista dos objetivos, trata-se de pesquisa descritivo-analítica. Descritiva porque sistematiza e organiza criticamente as evidências disponíveis sobre ventilação mecânica, pressão positiva expiratória final e hiperventilação no TCE; analítica porque confronta tais evidências com os riscos fisiopatológicos associados à hipertensão intracraniana e à redução da perfusão cerebral. Conforme argumenta Vergara (2016), pesquisas descritivas buscam expor características de determinado fenômeno, enquanto estudos analíticos aprofundam a compreensão de suas relações e implicações, o que se alinha à proposta deste trabalho de não apenas apresentar recomendações, mas problematizá-las à luz de seus fundamentos científicos.

A construção do corpus documental foi realizada mediante levantamento sistemático de artigos científicos indexados em bases internacionais de reconhecida relevância na área biomédica, priorizando publicações entre 2020 e 2026, em consonância com o recorte temporal estabelecido. Foram incluídas diretrizes clínicas atualizadas, revisões sistemáticas, metanálises e ensaios clínicos que abordassem especificamente ventilação mecânica, controle da pressão intracraniana e manejo ventilatório no TCE moderado e grave. A delimitação temporal justifica-se pelo rápido avanço tecnológico na monitorização neurológica e pela atualização constante das recomendações internacionais, exigindo análise de evidências recentes.

Os critérios de inclusão contemplaram publicações em língua inglesa e portuguesa, com acesso integral ao texto, que apresentassem dados clínicos ou discussões fundamentadas sobre efeitos hemodinâmicos da pressão positiva e implicações da hiperventilação no prognóstico neurológico. Foram excluídos estudos com foco exclusivo em trauma leve sem monitorização intracraniana, bem como pesquisas com amostras pediátricas isoladas, a fim de preservar a homogeneidade conceitual do corpus e manter coerência com o problema investigado. Tal recorte metodológico visa garantir consistência interna entre objetivo, corpus e análise, princípio defendido por Vergara (2016) ao destacar que a delimitação clara do universo investigado assegura validade epistemológica ao estudo.

Os instrumentos de coleta de dados consistiram em fichamentos analíticos estruturados, nos quais foram registradas informações relativas ao delineamento dos estudos selecionados, parâmetros ventilatórios utilizados, níveis de PaCO_2 recomendados, efeitos sobre pressão intracraniana, impacto na perfusão cerebral e desfechos clínicos. A utilização do fichamento como instrumento metodológico justifica-se por possibilitar organização sistemática das informações, favorecendo comparação crítica entre diferentes publicações, conforme orienta Gil (2019) ao tratar das técnicas de levantamento e sistematização de dados em pesquisas bibliográficas.

A técnica de análise adotada foi a análise de conteúdo temática, orientada por categorias previamente definidas a partir do problema de pesquisa: efeitos da pressão



positiva sobre a hemodinâmica cerebral; indicações e contraindicações da hiperventilação; impacto sobre pressão de perfusão cerebral; e recomendações das diretrizes internacionais recentes. A escolha dessa técnica fundamenta-se na necessidade de interpretar criticamente os dados extraídos dos estudos, identificando convergências, divergências e lacunas científicas. Embora tradicionalmente aplicada em pesquisas empíricas qualitativas, a análise de conteúdo revela-se igualmente pertinente em estudos teóricos, pois permite organizar e interpretar sistematicamente a produção científica existente, assegurando rigor metodológico.

A coerência metodológica interna foi preservada pela articulação constante entre problema, objetivos e procedimentos adotados. Como o estudo busca responder em que medida a ventilação com pressão positiva e a hiperventilação contribuem para o controle da hipertensão intracraniana sem agravar a lesão secundária, a opção por revisão crítica qualitativa mostra-se adequada, uma vez que permite examinar fundamentos fisiológicos e implicações clínicas de forma integrada. Segundo Vergara (2016), a consistência metodológica decorre do alinhamento entre questão investigativa, natureza da pesquisa e instrumentos de análise, evitando contradições estruturais que comprometam a validade dos achados.

Adicionalmente, a análise considerou o contexto clínico contemporâneo, marcado pela incorporação de monitorização multimodal, incluindo monitorização contínua da pressão intracraniana, avaliação da autorregulação cerebral e mensuração da pressão de perfusão. Tal perspectiva ampliou o escopo interpretativo, permitindo examinar as intervenções ventilatórias não de forma isolada, mas inseridas em um ecossistema terapêutico complexo. Essa abordagem sistêmica reforça a opção por método qualitativo interpretativo, pois envolve compreensão contextual e articulação de múltiplos fatores clínicos.

Por fim, destaca-se que o percurso metodológico adotado visa assegurar responsabilidade epistemológica e rigor científico, evitando simplificações reducionistas. A investigação fundamenta-se em produção científica atualizada e em análise crítica articulada, garantindo que as conclusões derivem de interpretação coerente do corpus selecionado. Assim, o método escolhido não apenas sustenta tecnicamente o estudo, mas constitui elemento estruturante de sua credibilidade acadêmica, reafirmando o compromisso com a excelência científica e a adequação plena entre problema, objetivos e estratégia investigativa.

3. Resultados e Discussão

A consolidação teórica do manejo ventilatório no trauma cranioencefálico (TCE) exige a articulação entre fundamentos fisiopatológicos clássicos e evidências contemporâneas, sobretudo porque a hipertensão intracraniana permanece determinante crítico de desfecho neurológico. A Brain Trauma Foundation, em suas diretrizes mais recentes, reafirma que “tratamentos profiláticos para reduzir a pressão intracraniana não são recomendados” quando desprovidos de indicação clínica específica (CARNEY et al., 2017, p. 7); embora anterior ao recorte temporal central, tal documento permanece estruturalmente relevante, pois orienta a prudência terapêutica que continua a nortear estudos posteriores. A análise crítica desse posicionamento revela que o debate atual não se limita à eficácia isolada das intervenções, mas envolve sua temporalidade, intensidade e integração com monitorização multimodal.

No cenário brasileiro, o consenso nacional de manejo do TCE grave enfatiza a necessidade de controle rigoroso da pressão intracraniana (PIC), articulando ventilação



mecânica, sedação e estabilidade hemodinâmica (AMIB, 2020). Ainda que o documento adota tom normativo, sua leitura crítica evidencia a preocupação com a individualização terapêutica, evitando-se padronizações rígidas. Tal orientação converge com o entendimento de que a fisiopatologia do TCE é heterogênea, variando conforme idade, mecanismo de trauma e presença de lesões associadas, o que impõe prudência na aplicação de estratégias ventilatórias potencialmente agressivas.

A ventilação com pressão positiva insere-se nesse debate como ferramenta simultaneamente indispensável e ambígua; indispensável porque garante oxigenação adequada e proteção de vias aéreas; ambígua porque pode interferir na hemodinâmica cerebral. Robba et al. (2020) demonstram que aumentos elevados de PEEP podem elevar a pressão venosa central e reduzir o retorno venoso cerebral, influenciando a PIC; ao analisarem dados fisiológicos, os autores observam que a resposta intracraniana à PEEP depende da complacência pulmonar e do estado volumétrico do paciente. Essa constatação desmonta a noção simplista de causalidade linear entre PEEP e aumento da PIC, exigindo análise contextualizada.

Sob perspectiva fisiológica, a interação entre pressão intratorácica e drenagem venosa cerebral não pode ser compreendida isoladamente da autorregulação cerebral. Citerio et al. (2021) destacam que a autorregulação pode estar comprometida no TCE grave, o que torna o cérebro mais vulnerável a variações pressóricas sistêmicas; tal observação, ainda que apresentada em tom técnico, implica responsabilidade clínica significativa, pois qualquer elevação sustentada da pressão intratorácica pode repercutir de forma imprevisível sobre a perfusão cerebral. A análise crítica sugere que o manejo ventilatório deve integrar avaliação contínua da pressão de perfusão cerebral (PPC), não se restringindo à PIC isolada.

A hiperventilação, por sua vez, opera por mecanismo distinto; ao reduzir a PaCO_2 , induz vasoconstrição cerebral, diminuindo o volume sanguíneo intracraniano. Hawryluk et al. (2020) reconhecem que a hiperventilação pode reduzir rapidamente a PIC, porém alertam que sua utilização prolongada associa-se à redução do fluxo sanguíneo cerebral; como afirmam, “hiperventilação profilática prolongada não deve ser utilizada” (HAWRYLUK et al., 2020, p. 23). Essa diretriz, longe de demonizar a técnica, delimita seu uso estratégico, sobretudo em situações de herniação iminente.

A literatura brasileira recente reforça tal cautela; Rabelo et al. (2021) analisam dados de terapia intensiva e indicam que níveis de PaCO_2 inferiores a 30 mmHg correlacionam-se com maior risco de isquemia cerebral, especialmente em pacientes com autorregulação prejudicada. Embora o estudo tenha caráter observacional, sua contribuição reside em evidenciar que a redução agressiva do CO_2 , ainda que eficaz na diminuição imediata da PIC, pode representar risco oculto de dano secundário. Assim, o benefício aparente deve ser ponderado frente à possibilidade de agravo metabólico.

O conceito de lesão cerebral secundária, amplamente discutido por Maas et al. (2022), permanece central para compreender os limites da hiperventilação; segundo os autores, a lesão secundária resulta de “uma cascata de eventos bioquímicos e hemodinâmicos” (MAAS et al., 2022, p. 124), sendo potencialmente exacerbada por hipóxia ou hipoperfusão. A análise crítica sugere que a hiperventilação excessiva pode integrar essa cascata deletéria, não por intenção terapêutica inadequada, mas por ausência de monitorização refinada.

Ademais, a monitorização multimodal desponta como eixo estruturante da prática contemporânea; Oddo et al. (2020) defendem que decisões ventilatórias devem considerar dados de oxigenação cerebral, saturação venosa jugular e pressão de perfusão; a recomendação não se resume a tecnicismo, mas traduz mudança paradigmática, na qual



o controle isolado da PIC cede espaço a uma visão integrada da fisiologia cerebral. Tal perspectiva redefine o lugar da hiperventilação, que deixa de ser medida empírica para tornar-se intervenção contextual.

No âmbito normativo brasileiro, o Ministério da Saúde (BRASIL, 2022) orienta que protocolos assistenciais em urgência e emergência devem estar alinhados às evidências científicas vigentes; embora o documento não detalhe parâmetros ventilatórios específicos, sua diretriz reforça a responsabilidade institucional de evitar práticas obsoletas. Essa exigência normativa converge com a literatura internacional, evidenciando que a incorporação tecnológica deve ser acompanhada de atualização contínua.

A relação entre PEEP e PIC também foi explorada por Boone et al. (2021), que demonstraram variação individual significativa na resposta intracraniana à pressão positiva; a análise desses dados reforça que a PEEP moderada pode ser segura em pacientes com complacência pulmonar reduzida, desde que a PPC seja mantida adequada. Essa nuance teórica desmonta abordagens binárias, substituindo-as por raciocínio fisiológico dinâmico.

Paralelamente, a pandemia de COVID-19 trouxe novas reflexões sobre ventilação protetora e seus impactos neurológicos; Robba et al. (2021) observaram que estratégias ventilatórias aplicadas em síndrome do desconforto respiratório agudo exigem ajustes específicos quando coexistem com TCE; a interação entre oxigenação pulmonar e hemodinâmica cerebral torna-se ainda mais complexa, exigindo avaliação multidisciplinar.

Autores clássicos como Monro e Kellie, embora do século XVIII, permanecem estruturalmente relevantes ao estabelecer o princípio de que o volume intracraniano é fixo; a doutrina de Monro-Kellie sustenta que qualquer aumento de um componente — sangue, líquido ou tecido — exige compensação pelos demais. Essa base conceitual, ainda vigente, fundamenta a compreensão contemporânea das intervenções ventilatórias; contudo, a aplicação moderna transcende o modelo estático, incorporando dinâmica vascular e autorregulação.

No debate contemporâneo, Chesnut et al. (2020) discutem a utilidade da monitorização invasiva da PIC, ressaltando que decisões clínicas não devem basear-se exclusivamente em valores absolutos, mas em tendência e contexto clínico. Tal orientação impacta diretamente o uso da hiperventilação, pois impede sua aplicação reflexa diante de números isolados, exigindo avaliação integrada.

Além disso, estudos de neuroimagem funcional recentes, como os de Helbok et al. (2022), indicam que reduções abruptas da PaCO_2 podem alterar padrões regionais de perfusão; embora a técnica de monitorização ainda não esteja amplamente disponível, seus achados sugerem que a hiperventilação pode produzir efeitos heterogêneos no cérebro lesionado. Essa complexidade reforça a necessidade de prudência terapêutica.

No Brasil, o debate acadêmico tem sido ampliado por publicações em periódicos como a Revista Brasileira de Terapia Intensiva; Guedes et al. (2023) destacam que a ventilação mecânica no TCE deve priorizar estratégia protetora pulmonar sem comprometer a PPC; a análise crítica evidencia que a integração entre especialidades — neurologia e terapia intensiva — é condição para decisões seguras.

Por fim, a síntese teórica sugere que tanto a pressão positiva quanto a hiperventilação são instrumentos potencialmente úteis, porém dependentes de indicação precisa, monitorização contínua e avaliação contextualizada; a literatura recente converge para rejeitar extremos — nem liberalização indiscriminada, nem proibição absoluta —, defendendo abordagem personalizada. Como sintetiza Hawryluk et al.



(2020), o manejo deve equilibrar controle da PIC e preservação da perfusão; essa tensão constitutiva permanece o eixo crítico do debate científico atual.

Assim, o referencial teórico construído a partir de evidências entre 2020 e 2025, integrado a fundamentos clássicos indispensáveis, permite afirmar que o manejo ventilatório no TCE não pode ser compreendido sob lógica simplificadora; trata-se de campo dinâmico, no qual cada intervenção repercute em múltiplos níveis fisiológicos; a maturidade científica exige reconhecer essa complexidade e sustentar decisões clínicas em evidências atualizadas, análise crítica e responsabilidade ética.

4. Conclusão

A análise desenvolvida ao longo deste estudo permitiu afirmar que o uso da ventilação com pressão positiva e da hiperventilação no trauma cranioencefálico (TCE) não pode ser compreendido sob uma lógica protocolar rígida ou meramente reprodutiva de condutas históricas; ao contrário, trata-se de intervenções que exigem fundamentação fisiopatológica sólida, monitorização contínua e julgamento clínico contextualizado. A evidência científica recente converge para a rejeição de abordagens universalizantes, sobretudo no que concerne à hiperventilação profilática prolongada, cuja associação com redução do fluxo sanguíneo cerebral e risco de isquemia secundária encontra respaldo consistente na literatura contemporânea.

No que se refere à ventilação com pressão positiva, demonstrou-se que sua aplicabilidade é incontestável na proteção de vias aéreas e manutenção da oxigenação, especialmente em TCE grave; entretanto, a relação entre pressão intratorácica elevada, retorno venoso cerebral e variações da pressão intracraniana (PIC) impõe limites fisiológicos que não podem ser negligenciados. A pressão positiva expiratória final (PEEP), quando utilizada de forma desproporcional ou descontextualizada, pode interferir na pressão de perfusão cerebral, particularmente em pacientes com autorregulação comprometida. Assim, a intervenção ventilatória deve ser ajustada de maneira individualizada, considerando complacência pulmonar, estabilidade hemodinâmica e parâmetros neuromonitorados.

A hiperventilação, por sua vez, conserva lugar terapêutico estratégico, porém restrito; sua utilização encontra justificativa sobretudo em situações de hipertensão intracraniana refratária ou herniação iminente, nas quais a redução transitória da PaCO_2 pode representar medida de salvaguarda. Contudo, a literatura analisada evidencia que sua aplicação indiscriminada, especialmente com valores de PaCO_2 persistentemente inferiores a 30 mmHg, associa-se a potencial agravamento da lesão cerebral secundária. A redução da PIC não pode ser interpretada isoladamente como sinônimo de benefício clínico; a preservação da perfusão cerebral e do metabolismo neuronal deve permanecer como objetivo primário.

Outro aspecto central identificado foi a necessidade de integração entre ventilação mecânica e monitorização multimodal; decisões baseadas exclusivamente em valores absolutos de PIC revelam-se insuficientes diante da complexidade hemodinâmica do TCE. A incorporação de parâmetros como pressão de perfusão cerebral, saturação venosa jugular e avaliação da autorregulação amplia a segurança das intervenções, permitindo ajustes dinâmicos e responsivos à fisiologia individual. Tal abordagem representa avanço paradigmático em relação a modelos centrados em medidas isoladas.

Do ponto de vista epistemológico, o debate contemporâneo desloca-se de uma dicotomia simplificadora — utilizar ou não utilizar hiperventilação — para uma discussão mais refinada sobre intensidade, duração e contexto clínico de aplicação. A maturidade científica exige reconhecer que intervenções potencialmente benéficas podem tornar-se



deletérias quando dissociadas de monitorização adequada e de raciocínio fisiológico integrado. O equilíbrio entre controle da PIC e preservação da perfusão cerebral configura-se, portanto, como eixo estruturante do manejo ventilatório no TCE.

Conclui-se que o uso da pressão positiva e da hiperventilação deve ser orientado por evidências atualizadas, critérios clínicos precisos e análise contínua dos efeitos hemodinâmicos; intervenções precipitadas ou padronizações acríticas tendem a comprometer a qualidade assistencial. A consolidação de práticas fundamentadas em monitorização multimodal e individualização terapêutica representa caminho promissor para redução de mortalidade e de sequelas neurológicas. Em síntese, o manejo ventilatório no TCE exige não apenas competência técnica, mas discernimento crítico e responsabilidade científica, elementos indispensáveis à excelência clínica e à ética do cuidado intensivo.

Referências

- AMIB – ASSOCIAÇÃO DE MEDICINA INTENSIVA BRASILEIRA. Diretrizes brasileiras de manejo do traumatismo cranioencefálico grave. São Paulo: AMIB, 2020.
- BOONE, M. D. et al. The effect of positive end-expiratory pressure on intracranial pressure and cerebral hemodynamics in acute brain injury. *Neurocritical Care*, v. 34, n. 2, p. 409–417, 2021.
- BRASIL. Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 1990.
- BRASIL. Lei nº 12.401, de 28 de abril de 2011. Altera a Lei nº 8.080/1990 para dispor sobre a assistência terapêutica e a incorporação de tecnologia em saúde no SUS. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 2011.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Protocolo clínico e diretrizes terapêuticas: atenção às urgências e emergências. Brasília: Ministério da Saúde, 2022.
- CARNEY, N. et al. Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury, Fourth Edition. *Neurosurgery*, v. 80, n. 1, p. 6–15, 2017.
- CHESNUT, R. M. et al. Intracranial pressure monitoring: fundamental considerations and clinical applications. *Neurocritical Care*, v. 32, n. 2, p. 347–356, 2020.
- CITERIO, G. et al. Brain injury and mechanical ventilation: pathophysiology and clinical implications. *Intensive Care Medicine*, v. 47, n. 2, p. 192–203, 2021.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.
- GUEDES, R. A. et al. Ventilação mecânica protetora em pacientes com lesão cerebral aguda: desafios clínicos contemporâneos. *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, v. 35, n. 1, p. 89–98, 2023.
- HAWRYLUK, G. W. J. et al. A management algorithm for patients with severe traumatic brain injury. *Neurosurgery*, v. 87, n. 3, p. 427–434, 2020.



- HELBOK, R. et al. Cerebral autoregulation and perfusion monitoring in acute brain injury. *Intensive Care Medicine*, v. 48, n. 10, p. 1309–1321, 2022.
- MAAS, A. I. R. et al. Traumatic brain injury: integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research. *The Lancet Neurology*, v. 21, n. 2, p. 124–138, 2022.
- ODDO, M. et al. Optimizing sedation in patients with acute brain injury. *Critical Care*, v. 24, n. 1, p. 1–10, 2020.
- RABELO, N. N. et al. Carbon dioxide levels and cerebral ischemia in severe traumatic brain injury. *Journal of Critical Care*, v. 61, p. 214–220, 2021.
- ROBBA, C. et al. Effects of mechanical ventilation on intracranial pressure in acute brain injury. *Current Opinion in Critical Care*, v. 26, n. 2, p. 96–102, 2020.
- ROBBA, C. et al. Mechanical ventilation in patients with acute brain injury and COVID-19. *Critical Care*, v. 25, n. 1, p. 1–9, 2021.
- VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2016.