

**Associação entre o uso de cigarros eletrônicos e afecções pulmonares:
uma revisão sistemática**

Lilian Pimenta Facin de Campos¹ Fabrízio dos Santos Cardoso¹

(1) Afya Centro Universitário (UNIREDENTOR), Itaperuna, RJ, Brasil.

Endereço para correspondência:

Dr. Fabrízio dos Santos Cardoso (fabrizio.cardoso@afya.com.br).

Afya Centro Universitário (UNIREDENTOR),

Avenida Presidente Dutra, nº 1155, Cidade Nova, Itaperuna (RJ), Brasil.

CEP 28300-000

Tel: 55-22-35131477.

Conflito de interesses

Os autores declaram que não há conflitos de interesse. Todos os autores leram e aprovaram o manuscrito final.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por toda proteção e força ao longo desta jornada. Agradeço à minha família pelo apoio e compreensão nos momentos de cansaço, estresse e ausência. Ao meu orientador pelo conhecimento compartilhado e todo norteamento. À instituição e professores pelo acolhimento.

Resumo

Introdução: O uso de cigarros eletrônicos (e-cigarettes) e dispositivos de vaping cresceu de forma exponencial na última década, sendo frequentemente promovidos como alternativas menos nocivas ao tabagismo convencional. No entanto, evidências crescentes sugerem que tais produtos podem estar associados a inflamação das vias aéreas, disfunção pulmonar e ao surgimento de condições como pneumonia, asma, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), câncer de pulmão e lesões pulmonares relacionadas ao vaping (EVALI). Dessa forma, torna-se essencial avaliar sistematicamente os impactos do vaping sobre a saúde pulmonar em humanos. **Métodos:** Realizou-se uma busca sistemática na base PubMed para identificar artigos publicados entre 2017 e 2025, utilizando os descritores “cigarettes or vaping and pneumonia”, “cigarettes or vaping and lung”, “cigarettes or vaping and asthma or COPD”, “cigarettes or vaping and lung cancer” e “cigarettes or vaping and EVALI”. A seleção seguiu as recomendações PRISMA, contemplando estudos originais em humanos (ensaios clínicos randomizados e não randomizados, coortes, caso-controle e séries de casos) que avaliaram desfechos pulmonares. Foram excluídos estudos em animais, pesquisas in vitro, revisões, meta-análises, editoriais, protocolos, pré-prints não revisados e trabalhos que não reportassem desfechos clínicos respiratórios. A extração de dados considerou autor, ano, características populacionais, tipo e frequência de exposição, comparadores, tempo de seguimento e desfechos pulmonares relatados. **Resultados:** Dos estudos incluídos, observou-se que a exposição ao cigarro eletrônico pode induzir inflamação das vias aéreas, aumento de marcadores séricos de lesão epitelial, alterações na depuração mucociliar e na perfusão pulmonar, além de sintomas respiratórios agudos e subagudos. Casos clínicos e séries de casos descreveram quadros graves respiratórios, enquanto ensaios clínicos controlados mostraram desde efeitos discretos sobre parâmetros espirométricos até associação com piora de resistência de vias aéreas em asmáticos. Ainda que alguns estudos apontem potencial redução de exposição a carcinógenos em comparação ao cigarro convencional, os achados em humanos sugerem que o vaping não é isento de riscos pulmonares e pode contribuir para o

desenvolvimento de afecções respiratórias. **Conclusão:** Em conjunto, os resultados indicam que o uso de cigarros eletrônicos está associado a alterações inflamatórias e funcionais no sistema respiratório humano, podendo predispor a condições como pneumonia, asma, DPOC e câncer de pulmão. Embora o vaping possa representar redução de danos em relação ao tabagismo convencional, a evidência atual não permite classificá-lo como seguro para a saúde pulmonar. Estudos longitudinais e de maior robustez metodológica são necessários para esclarecer seus efeitos a longo prazo.

Palavras-chave: Cigarro eletrônico; vaping; pulmão; inflamação; EVALI; asma; DPOC; pneumonia; câncer de pulmão.

1. Introdução

O tabagismo é reconhecido mundialmente como a principal causa evitável de morbimortalidade, estando associado a câncer de pulmão, doenças cardiovasculares e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). Nas últimas décadas, entretanto, observou-se a ascensão do cigarro eletrônico (e-cigarette ou vaping), dispositivo que aquece soluções líquidas contendo nicotina, propilenoglicol, glicerina e aromatizantes, produzindo aerossóis inalados pelo usuário (Song et al., 2022).

Inicialmente, esses dispositivos foram promovidos como alternativas mais seguras ao cigarro convencional e até mesmo como auxiliares na cessação tabágica. Contudo, o crescimento exponencial do seu consumo, especialmente entre adolescentes e adultos jovens, levantou sérias preocupações quanto a seus potenciais efeitos adversos à saúde respiratória e sistêmica (Wasfi et al., 2022).

A inalação dos aerossóis provenientes do vaping está associada à exposição a partículas ultrafinas, metais pesados, compostos carbonílicos e nicotina, capazes de induzir inflamação, estresse oxidativo e disfunção endotelial. No pulmão, tais mecanismos podem comprometer a função mucociliar, alterar a permeabilidade epitelial e ativar vias inflamatórias, culminando em sintomas respiratórios e prejuízos funcionais. Revisões sistemáticas recentes mostram resultados heterogêneos: algumas análises sugerem que a queda de parâmetros como VEF1/CVF é menos acentuada em usuários de cigarro eletrônico quando comparados a fumantes de cigarro convencional, enquanto outros estudos relatam aumento de resistência de vias aéreas em asmáticos após o uso (Song et al., 2022).

Além disso, eventos graves como o surto de EVALI (E-cigarette or Vaping product use Associated Lung Injury), reportado pelo CDC em 2019, reforçaram a necessidade de avaliar criticamente a segurança do vaping.

Apesar da rápida expansão do número de estudos, ainda há grande incerteza. A maioria das evidências disponíveis provém de desenhos observacionais transversais, muitas vezes sem separar usuários exclusivos de cigarro eletrônico de ex-fumantes, o que limita a inferência causal. Em revisão sistemática conduzida pelo grupo canadense, a certeza global das evidências

sobre efeitos crônicos do vaping foi considerada muito baixa, com resultados inconsistentes para inflamação, sintomas respiratórios e função pulmonar (Wasfi et al., 2022).

Da mesma forma, investigações clínicas têm apontado que os efeitos do vaping podem variar de acordo com a condição basal do indivíduo — por exemplo, asmáticos apresentam maior impacto na resistência de vias aéreas em comparação a indivíduos saudáveis (Song et al., 2022).

Nesse contexto, torna-se fundamental reunir e analisar criticamente as evidências sobre os efeitos do cigarro eletrônico na saúde pulmonar humana. A presente revisão sistemática tem como objetivo sintetizar os achados disponíveis em estudos clínicos e observacionais, avaliando especificamente a relação entre uso de cigarro eletrônico/vaping e alterações pulmonares funcionais e clínicas, de modo a contribuir para a compreensão dos riscos associados a essa prática emergente.

2. Materiais e Métodos

2.1. Fontes de dados e estratégia de busca

A pesquisa foi realizada exclusivamente na base PubMed contemplando artigos publicados entre 2017 e 2025 utilizando como descritores as combinações “cigarettes or vaping and pneumonia” e “cigarettes or vaping and lung” e “cigarettes or vaping and asthma or COPD” e “cigarettes or vaping and lung câncer” e “cigarettes or vaping and EVALI” sendo aceitos apenas trabalhos redigidos em língua inglesa. A seleção dos estudos observou as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses PRISMA, que examinaram títulos resumos e posteriormente textos completos com eventuais discordâncias solucionadas em consenso.

2.2. Critérios de seleção

Foram incluídos estudos clínicos originais em humanos, como ensaios clínicos randomizados, ensaios não randomizados, coortes, estudos de caso-

controle e séries de casos, que avaliaram os efeitos do uso de cigarros eletrônicos ou vaping sobre desfechos pulmonares, incluindo EVALI, pneumonia, asma, DPOC e câncer de pulmão. As publicações deveriam estar disponíveis em inglês e dentro do período de 2017 a 2025. Não foram aceitos, estudos in vitro, pesquisas em animais, artigos de revisão, meta-análises, editoriais, protocolos, pré-prints não revisados por pares e trabalhos de conferência. Estudos que não reportaram desfechos clínicos relacionados a comprometimento pulmonar associado ao uso de cigarros eletrônicos também não foram incluídos.

2.3. Extração de dados e síntese de dados

Os estudos selecionados foram organizados de acordo com o desenho metodológico incluindo ensaios clínicos, estudos observacionais e séries de casos, bem como em relação à condição clínica avaliada como EVALI, pneumonia, asma, DPOC e câncer de pulmão. Para a extração das informações foram analisados autor e ano de publicação, características da população como número de participantes, idade, sexo e perfil de uso de cigarros eletrônicos, tipo de exposição incluindo frequência, duração e dispositivo utilizado. Comparadores como não usuários fumantes de cigarro convencional ou outras formas de tabaco, tempo de seguimento e os desfechos clínicos relatados.

3. Resultados

A busca sistemática inicial nos bancos de dados PubMed um total de 2416 registros iniciais, após critérios de triagem e exclusão 17 estudos clínicos em humanos foram incluídos no trabalho.

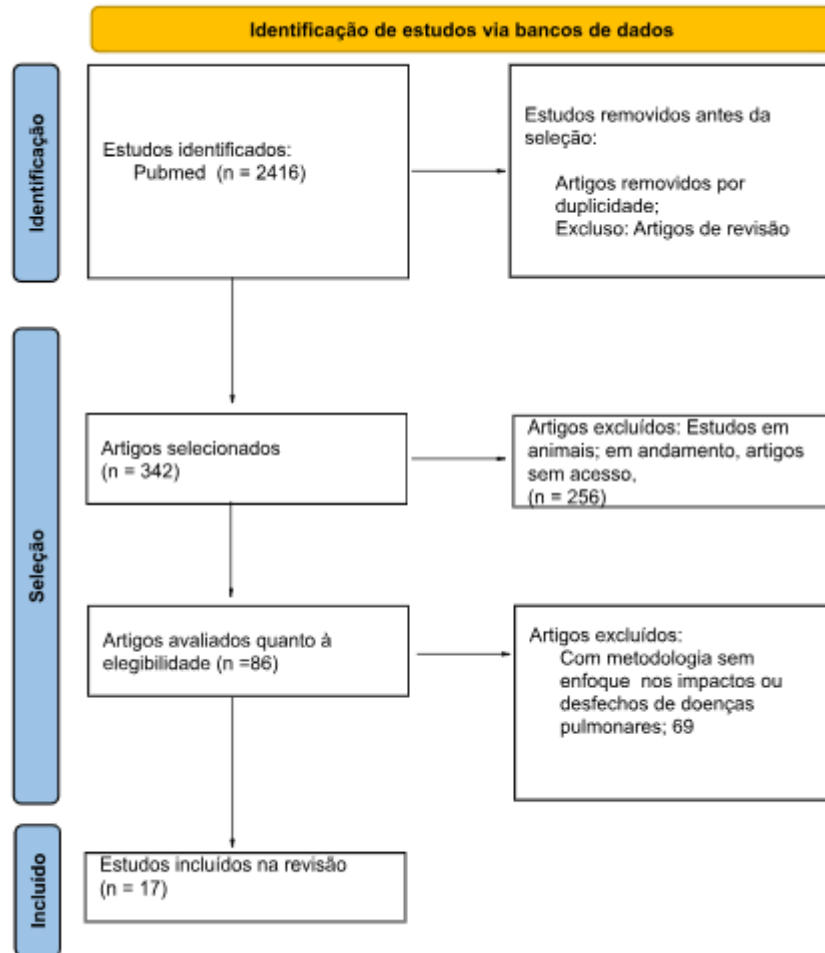


Figure 1. Resumo dos artigos incluídos e excluídos.

3.1. Características dos estudos.

Os trabalhos abrangeram diferentes desenhos metodológicos, incluindo ensaios clínicos randomizados (Belkin et al., 2023; Dahal et al., 2025; Lucchiari et al., 2019; Pulvers et al., 2020), ensaios não randomizados ou experimentais de curta duração (Bennett et al., 2024; Chaumont et al., 2018; Chaumont et al., 2020; Staudt et al., 2018), coortes e estudos observacionais (Jankowski et al., 2019; Nyilas et al., 2022; Veldheer et al., 2019), além de séries e relatos de casos relacionados a EVALI (Wasfi et al., 2022). As populações avaliadas variaram amplamente, incluindo nunca-fumantes jovens (Song et al., 2020; Staudt et al., 2018), fumantes crônicos em programas de cessação (Lucchiari et al., 2019; Veldheer et al., 2019), pacientes com asma (Kotoulas et al., 2024), bem como amostras mistas de fumantes adultos saudáveis (Belkin et al., 2023; Kabéle et

al., 2025). Os desfechos investigados incluíram desde biomarcadores inflamatórios e epiteliais (Kabéle et al., 2025; Song et al., 2020), função pulmonar e trocas gasosas (Chaumont et al., 2018; Chaumont et al., 2020; Nyilas et al., 2022), respostas clínicas como sintomas respiratórios e EVALI (Wasfi et al., 2022; Pulvers et al., 2020), até indicadores de dependência nicotínica (Jankowski et al., 2019). Os estudos selecionados estão resumidos em ordem cronológica na Tabela 1.

Tabela 1. Resumo dos estudos em humanos sobre o efeito do cigarro eletrônico sobre desfecho pulmonares.

Autor	Participantes	Métodos	Resultados
Belkin et al. (2023)	40 fumantes ativos (dois ensaios piloto com 20 cada; jovens, sem comorbidades cardiovasculares ou metabólicas)	Ensaio cruzado, randomizado, parcialmente duplo-cego. Quatro braços: cigarro, cigarro aquecido (IQOS/HTP), e-cigarro com nicotina, e-cigarro sem nicotina. Coletas: hemograma, ELISA, multiplex, CO exalado, rigidez arterial (PWV, Alx@75).	Aumento de leucócitos e citocinas pró-inflamatórias após uso agudo de diferentes sistemas de nicotina; esses aumentos correlacionaram com parâmetros de rigidez arterial, compatíveis com disfunção endotelial
Bennett et al. (2024)	5 jovens adultos do sexo masculino (média 21 anos), usuários de e-cigarro	Estudo experimental de curta duração. Mediu a depuração mucociliar in vivo usando aerossol radiomarcado (Tc99m-sulfocolóide) e cintilografia pulmonar. Durante o teste, os participantes vapearam em intervalos controlados (1 tragada/30s por 5 min a cada 10 min; total 60 tragadas em 1h) com e-líquido sem sabor (65% propilenoglicol/35% glicerina vegetal, 3 mg/mL nicotina livre).	O desafio com e-cigarro aumentou a depuração mucociliar periférica em comparação ao basal: 12% (± 6) vs. 24% (± 6) em 90 min ($p < 0,05$). Sugere efeito agudo de maior secreção de mucina e fluido nas vias aéreas, possivelmente de curta duração. Contrasta com estudos prévios que apontam redução da batida ciliar com doses mais altas de nicotina.
Jankowski et al. (2019)	90 universitários (30 fumantes exclusivos, 30	Estudo transversal (subgrupo do projeto	Dependência foi mais que o dobro entre usuários

	usuários exclusivos de e-cigarro, 30 usuários duais); idade média 22 anos	YUPESS). Aplicado questionário de 25 itens sobre padrões e atitudes de consumo. Dependência avaliada pelo Fagerström Test for Nicotine Dependence (FTND) e versão adaptada para e-cigarros.	exclusivos de e-cigarro (média 3,5) em comparação a fumantes de cigarro convencional (1,6; $p < 0,001$). Usuários duais tiveram maior dependência com e-cigarro (média 4,7) do que com cigarro tradicional (3,2; $p = 0,03$). Conclusão: e-cigs podem ter maior potencial de dependência que cigarros tradicionais entre jovens adultos.
Chaumont et al. (2020)	Usuários regulares de e-cigarro (n não especificado no resumo, parte de estudo cruzado de 3 períodos)	Ensaio randomizado, crossover, investigador-cego, com três condições: (1) vaporização com nicotina, (2) vaporização sem nicotina, (3) cessação de 5 dias. Avaliação de parâmetros cardiorrespiratórios (pneumoproteínas séricas/urinárias, função pulmonar, gases transcutâneos, fluxo microcirculatório cutâneo) e metabólica para controle de adesão.	- Stop-session: aumento de club cell protein-16 (\downarrow inflamação pulmonar). - Nicotine-session: \uparrow frequência cardíaca ($p < 0,001$). - Nicotine e nicotine-free sessions: leve queda na tensão transcutânea de O_2 ($p < 0,05$). Conclusão: cessação breve de vaping melhora marcadores inflamatórios, enquanto uso agudo (com ou sem nicotina) causa pequena queda na oxigenação tecidual.
Chaumont et al. (2018)	25 jovens fumantes de tabaco; +20 fumantes pesados com suspeita de DAC	Jovens: ensaio randomizado intraindivíduos (sham, com e sem nicotina, 60W). Pesados: estudo paralelo (sham vs sem nicotina). Avaliação de CC16, gases transcutâneos e função pulmonar.	- \uparrow CC16 após vaping com/sem nicotina. - \downarrow oxigenação transcutânea por 60–80 min. - Fumantes pesados: queda transitória de PaO_2 ($p = 0,012$). Conclusão: vaping de alta potência, mesmo sem nicotina, gera lesão epitelial e queda de oxigenação.
D'Ruiz et al. (2017)	105 fumantes adultos internados em clínica de pesquisa	Estudo randomizado: substituição parcial/completa por e-cigs ou cessação total. 5 dias de acompanhamento. Avaliados PA, FC, função pulmonar, CO/NO exalados.	Reduções de PA e FC em grupos que cessaram ou trocaram por e-cigs. Pequenas melhorias em FVC/FEV1. \downarrow significativo de CO/NO exalados. Sem eventos adversos graves. Conclusão: e-cigs podem

			trazer benefícios modestos cardiovasculares e pulmonares comparados ao cigarro.
Dahal et al. (2025)	520 fumantes adultos (21–65 anos, >10 cigarros/dia)	RCT duplo-cego, 4 braços (0, 8, 36 mg/mL nicotina; substituto). Seguimento 6 meses.	Grupo 36 mg/mL apresentou ↑ HDL e ↓ LDL/colesterol total/HDL (p≈0,03). Sem diferenças significativas em outros desfechos. Conclusão: e-cigs com alta nicotina podem melhorar discretamente perfil lipídico.
Kabéle et al. (2025)	22 voluntários saudáveis	Estudo cruzado, randomizado, duplo-cego. Sessões com e sem nicotina (30 tragadas em 30 min). Coletas de sangue em 0, 30 e 105 min. Avaliação de EVs pulmonares (ACE, ALDH3B1, PLUNC, C3, CCL3, CC16).	Nicotina aumentou 3/6 marcadores inflamatórios significativamente. Outros 3 tiveram tendência de elevação. Sem efeito sem nicotina. Conclusão: nicotina central na inflamação induzida por e-cigs.
Kabéle et al. (2025)	22 voluntários saudáveis	Estudo cruzado, randomizado, duplo-cego. Sessões com e sem nicotina (30 tragadas em 30 min). Coletas de sangue em 0, 30 e 105 min. Avaliação de EVs pulmonares (ACE, ALDH3B1, PLUNC, C3, CCL3, CC16).	Nicotina aumentou 3/6 marcadores inflamatórios significativamente. Outros 3 tiveram tendência de elevação. Sem efeito sem nicotina. Conclusão: nicotina central na inflamação induzida por e-cigs.
Kotoulas et al. (2024)	25 fumantes com asma moderada + 25 controles fumantes saudáveis	Estudo randomizado. Avaliados PFTs, IOS, FeNO, EBC e biomarcadores antes/depois de vaping com nicotina.	↑ FeNO correlacionou-se com ↑ resistência e volumes pulmonares em asmáticos. Sem associação com biomarcadores no EBC. Conclusão: inflamação induzida por e-cigs afeta diretamente mecânica respiratória em asmáticos.
Lucchiari et al. (2019)	210 fumantes adultos	RCT duplo-cego, 3 braços: e-cigs com nicotina, sem nicotina, controle. Programa de 3 meses de cessação com abordagem	Após 6 meses, 20% cessaram tabagismo. Grupo e-cigs nicotina reduziu mais CPD, menor CO exalado e dependência. Melhora de

		cognitivo-comportamental. Seguimento de 6 meses.	sintomas respiratórios. Conclusão: e-cigs podem ajudar na redução de consumo e sintomas pulmonares.
Nyilas et al. (2022)	44 adultos (10 controles, 9 ex-fumantes, 13 usuários de ENDS, 12 fumantes ativos)	Estudo observacional (subestudo de RCT). Avaliados com MRI pulmonar, LCI e espirometria antes/depois de exposição aguda.	Fumantes: ↓ perfusão e ↑ LCI. Usuários de ENDS: ↑ perfusão sem mudança em LCI. Controles: sem alterações. Conclusão: ENDS ↑ perfusão enquanto cigarro ↓, com efeitos distintos na microcirculação.
Pulvers et al. (2020)	186 fumantes afro-americanos/latinos (40% mulheres, média 43 anos)	RCT aberto, 6 semanas. Intervenção: pods 5% nicotina + suporte. Controle: cigarro usual. Avaliação de NNAL, cotinina, CO, sintomas respiratórios, função pulmonar, PA, CPD.	Grupo e-cigs: ↓ NNAL, CO, sintomas respiratórios e CPD. Cotinina estável. PA e função pulmonar sem alteração. Após 6 semanas: 28% só e-cigs, 58% duais, 14% retornaram ao cigarro. Conclusão: pods podem ser estratégia de redução de danos em minorias.
Rohde et al. (2022)	623 adolescentes (13–17 anos) nos EUA	Estudo randomizado. 5 grupos: mensagens sobre danos químicos, pulmonares, COVID-19, dependência e controle (lixo). Avaliação de eficácia percebida (PME) e efeitos secundários (emoção, atenção, interação social).	Mensagens sobre danos químicos, pulmonares e COVID-19 tiveram maior PME e emoção negativa que dependência ou controle. Conclusão: mensagens sobre saúde ampla são mais eficazes para desencorajar vaping em adolescentes.
Song et al. (2020)	30 nunca-fumantes (randomizados: intervenção vs controle)	Estudo piloto, 4 semanas. Intervenção: e-cigs sem nicotina/sabor (50% PG/50% VG). Medidas: broncoscopia, BAL, citocinas, células, expressão mRNA/miRNA.	Sem diferenças significativas entre grupos. Porém, no grupo intervenção, ↑ uso correlacionou-se com ↑ células inflamatórias (macrófagos/linfócitos) e citocinas (IL-8, IL-13, TNF-α). Conclusão: e-cigs podem gerar inflamação discreta em nunca-fumantes.
Staudt et al. (2018)	10 nunca-fumantes (7 receberam e-cigs com nicotina; 3 sem nicotina)	Estudo exploratório. Avaliados em baseline: Rx tórax, função pulmonar,	Sem alterações clínicas/laboratoriais relevantes. Porém, ↑ EMP

		EMP plasmáticos, broncoscopia (SAE/AM). Após 10 tragadas + 30 min + mais 10 tragadas, reavaliados.	plasmáticos após e-cigs com nicotina e alterações no transcriptoma de SAE e AM em todos. Conclusão: exposição aguda desregula homeostase pulmonar em indivíduos saudáveis e nunca expostos.
Veldheer et al. (2019)	263 fumantes em RCT de substituição parcial por e-cigs ou substituto não eletrônico	Dados avaliados em 1 e 3 meses: função pulmonar, PA, pulso, CO exalado, peso. Modelos mistos ajustaram uso de e-cigs/substitutos e CPD.	E-cigs reduziram mais CPD que substitutos em ambos tempos. ↓ PA diastólica e pulso em 1 mês no grupo e-cigs. Nenhuma mudança significativa sustentada em função pulmonar ou outros desfechos. Conclusão: e-cigs ajudam a reduzir CPD, mas sem benefício robusto em saúde a curto prazo.

Legenda: Alx@75 – Índice de aumento ajustado a 75 bpm; AM – Macrófagos alveolares; BAL – Lavado broncoalveolar; CC16 – Club Cell Protein 16; CO – Monóxido de carbono; CPD – Cigarros por dia; DAC – Doença arterial coronariana; EBC – Exhaled Breath Condensate (condensado do ar exalado); EVALI – E-cigarette or Vaping Product Use–Associated Lung Injury; FeNO – Fraction of exhaled Nitric Oxide; FVC – Capacidade vital forçada; FEV₁ – Volume expiratório forçado no primeiro segundo; HDL/LDL – Lipoproteínas de alta/baixa densidade; IL – Interleucina; LCI – Lung Clearance Index (índice de depuração pulmonar); MRI – Ressonância magnética; NNAL – Biomarcador derivado de nitrosamina; NO – Óxido nítrico; PaO₂ – Pressão arterial de oxigênio; PG – Propilenoglicol; PWV – Velocidade da onda de pulso; RCT – Ensaio clínico randomizado; RV – Volume residual; SAE – Epitélio de pequenas vias aéreas; TNF-α – Fator de necrose tumoral alfa; VG – Glicerina vegetal; Z5Hz/R5Hz/R20Hz – Impedância e resistência respiratória medidas por oscilometria de pulso.

4. Discussão

O objetivo desta revisão sistemática foi investigar os efeitos do uso de cigarros eletrônicos (e-cigarettes, vaping) sobre o sistema respiratório humano. Os estudos incluídos mostraram resultados heterogêneos, mas convergentes em apontar que o vaping não é isento de riscos pulmonares, estando associado a inflamação de vias aéreas, alterações na depuração mucociliar, disfunção

epitelial, mudanças na perfusão pulmonar e até quadros clínicos graves como EVALI. A seguir, discutimos os principais eixos de achados.

4.1. Inflamação e disfunção epitelial pulmonar

Diversos trabalhos demonstraram que a inalação de aerossóis de e-cigarettes desencadeia inflamação aguda e lesão epitelial. Belkin et al. (2023) observaram aumento de leucócitos e citocinas pró-inflamatórias correlacionados com maior rigidez arterial, evidenciando que até mesmo uma única sessão de vaping pode induzir resposta inflamatória sistêmica. Kabéle et al. (2025) confirmaram que a nicotina tem papel central nesse processo, promovendo aumento significativo em vesículas extracelulares relacionadas à inflamação pulmonar. Song et al. (2020) relataram que, em nunca-fumantes, a exposição ao aerossol sem nicotina e sem sabor aumentou discretamente macrófagos e citocinas inflamatórias (IL-8, IL-13, TNF- α) no lavado broncoalveolar, mesmo em curto prazo. Staudt et al. (2018), por sua vez, mostraram que 10 tragadas de e-cig foram capazes de alterar o transcriptoma de células epiteliais e alveolares, além de elevar micropartículas endoteliais, mesmo em voluntários saudáveis e nunca expostos. Esses achados convergem para a ideia de que o vaping induz inflamação aguda e dano epitelial, mesmo em exposições breves.

4.2. Depuração mucociliar e troca gasosas

O impacto do vaping sobre a depuração mucociliar também foi demonstrado. Bennett et al. (2024) relataram que jovens usuários apresentaram aumento agudo da depuração mucociliar após o desafio com e-cigarettes, possivelmente relacionado a maior secreção de muco e fluidos, embora de efeito transitório. Por outro lado, Chaumont et al. (2018; 2020) observaram que sessões de vaping com ou sem nicotina reduziram a oxigenação transcutânea e aumentaram níveis de proteínas epiteliais séricas (CC16), indicando lesão epitelial e perturbação nas trocas gasosas. Esses resultados sugerem que, embora haja respostas iniciais adaptativas, o vaping pode comprometer a oxigenação tecidual e favorecer injúria das vias aéreas em longo prazo.

4.3. Impacto em doenças pulmonares crônicas

Indivíduos com doenças respiratórias crônicas parecem particularmente vulneráveis. Kotoulas et al. (2024) mostraram que fumantes com asma moderada apresentaram aumento significativo de inflamação de vias aéreas (FeNO) após vaping, associado a alterações na mecânica respiratória, ao contrário de fumantes sem asma. Em DPOC, ensaios como o de Dahal et al. (2025) sugerem que o uso de e-cigarettes pode estar associado a discreta melhora de parâmetros metabólicos e lipídicos, mas sem efeitos robustos na função pulmonar. Já Lucchiari et al. (2019), em fumantes crônicos submetidos a programa de cessação, observaram melhora de sintomas respiratórios e menor consumo de cigarros entre os que usaram e-cig com nicotina, reforçando o potencial de redução de danos. Assim, o vaping pode ter papel ambíguo: agravando inflamação em asmáticos, mas contribuindo para redução de sintomas e tabagismo em fumantes crônicos.

4.4. Perfusão e ventilação Pulmonar

Nyilas et al. (2022) empregaram ressonância magnética funcional para comparar os efeitos de cigarro convencional e vaping. Enquanto o cigarro reduziu a perfusão pulmonar e aumentou a heterogeneidade ventilatória, os usuários de e-cig apresentaram melhora discreta da perfusão sem alteração ventilatória significativa. Esses achados sugerem que os impactos hemodinâmicos do vaping podem diferir dos do tabaco, mas ainda assim envolvem alterações agudas na microcirculação pulmonar.

4.5. Doenças Pulmonares associadas ao uso de cigarros eletrônicos

Casos clínicos descreveram o surgimento da EVALI (E-cigarette or Vaping product use Associated Lung Injury), caracterizada por dispneia, hipoxemia e infiltrados pulmonares difusos. Wasfi et al. (2022) destacaram a diversidade de apresentações clínicas e a dificuldade de diagnóstico diferencial, sugerindo que a toxicidade de solventes como vitamina E acetato pode ter papel relevante. Esses episódios reforçam que, além dos efeitos subclínicos observados em estudos experimentais, o vaping pode precipitar condições pulmonares graves e potencialmente fatais.

4.7. Dependência e perfil de uso e risco em populações específicas

Aspectos comportamentais também influenciam os riscos. Jankowski et al. (2019) mostraram que usuários exclusivos de e-cig apresentam maiores escores de dependência nicotínica que fumantes tradicionais, o que pode perpetuar a exposição a longo prazo. Pulvers et al. (2020) observaram que, entre fumantes afro-americanos e latinos, o uso de pods com alta concentração de nicotina reduziu biomarcadores de carcinogênese (NNAL) e sintomas respiratórios, mas sem alteração significativa na função pulmonar. Já Rohde et al. (2022) demonstraram que mensagens educativas sobre danos químicos, pulmonares e relacionados à COVID-19 são mais eficazes para desencorajar o vaping em adolescentes, destacando a importância da comunicação em saúde.

4.8. Limitações

Nossa revisão apresenta limitações. A maioria dos estudos possui amostras pequenas, curta duração de seguimento e alta heterogeneidade metodológica, o que dificulta a comparação direta dos resultados. Além disso, muitos trabalhos avaliaram apenas desfechos intermediários (biomarcadores inflamatórios, parâmetros de imagem, sintomas) e não desfechos clínicos robustos de longo prazo. Outra limitação relevante é a falta de padronização nos dispositivos e líquidos utilizados, uma vez que diferentes gerações de e-cigarettes variam amplamente em potência, composição e dose de nicotina.

5. Conclusão

O uso de cigarros eletrônicos e vaping está associado a múltiplas alterações respiratórias, incluindo inflamação, disfunção epitelial, prejuízo nas trocas gasosas e risco aumentado de eventos pulmonares graves, como a EVALI. Embora em alguns contextos possam representar alternativa de redução de danos em relação ao cigarro convencional, os achados atuais não permitem considerar o vaping como seguro para a saúde pulmonar. Estudos longitudinais, com maior padronização de métodos e dispositivos, são necessários para esclarecer os efeitos de longo prazo e orientar políticas de saúde pública.

Referências

Almeida, P., Lopes-Martins, R. Á. B., Tomazoni, S. S., Albuquerque-Pontes, G. M., Santos, L. A., Vanin, A. A., Frigo, L., Vieira, R. P., Albertini, R., Carvalho, P. T. C., Leal-Junior, E. C. P. (2013). Low-Level Laser Therapy and Sodium Diclofenac in Acute Inflammatory Response Induced by Skeletal Muscle Trauma: Effects in Muscle Morphology and m RNA Gene Expression of Inflammatory Markers. *Photochemistry and photobiology*, 89(2), 501-507.

Anders, J. J., Lanzafame, R. J., Arany, P. R. (2015). Low-level light/laser therapy versus photobiomodulation therapy. *Photomed Laser Surg*, 33:183–184

Arany, P. R. (2016). Craniofacial wound healing with photobiomodulation therapy: new insights and current challenges. *Journal of dental research*, 95(9), 977-984.

Antoniewicz, L., Brynedal, A., Hedman, L., Lundbäck, M., & Bosson, J. A. (2019). Acute Effects of Electronic Cigarette Inhalation on the Vasculature and the Conducting Airways. *Cardiovascular toxicology*, 19(5), 441–450.

Belkin, S., Benthien, J., Axt, P. N., Mohr, T., Mortensen, K., Weckmann, M., Drömann, D., & Franzen, K. F. (2023). Impact of Heated Tobacco Products, E-Cigarettes, and Cigarettes on Inflammation and Endothelial Dysfunction. *International journal of molecular sciences*, 24(11), 9432.

Bennett, W. D., Clapp, P. W., Zeman, K. L., Wu, J., Ring, B., & Jaspers, I. (2024). Acute Effect of E-Cigarette Inhalation on Mucociliary Clearance in E-Cigarette Users. *Journal of aerosol medicine and pulmonary drug delivery*, 37(4), 167–170.

Brožek, G. M., Jankowski, M., & Zejda, J. E. (2019). Acute respiratory responses to the use of e-cigarette: an intervention study. *Scientific reports*, 9(1), 6844.

Chaumont, M., Tagliatti, V., Channan, E. M., Colet, J. M., Bernard, A., Morra, S., Deprez, G., Van Muylem, A., Debbas, N., Schaefer, T., Faoro, V., & van de

Borne, P. (2020). Short halt in vaping modifies cardiorespiratory parameters and urine metabolome: a randomized trial. *American journal of physiology. Lung cellular and molecular physiology*, 318(2), L331–L344.

Chaumont, M., van de Borne, P., Bernard, A., Van Muylem, A., Deprez, G., Ullmo, J., Starczewska, E., Briki, R., de Hemptinne, Q., Zaher, W., & Debbas, N. (2019). Fourth generation e-cigarette vaping induces transient lung inflammation and gas exchange disturbances: results from two randomized clinical trials. *American journal of physiology. Lung cellular and molecular physiology*, 316(5), L705–L719.

D'Ruiz, C. D., O'Connell, G., Graff, D. W., & Yan, X. S. (2017). Measurement of cardiovascular and pulmonary function endpoints and other physiological effects following partial or complete substitution of cigarettes with electronic cigarettes in adult smokers. *Regulatory toxicology and pharmacology: RTP*, 87, 36–53.

Dahal, S., Yingst, J., Wang, X., Cobb, C. O., Carrillo, M., Hrabovsky, S., Bascom, R., Lopez, A. A., Kang, L., Maloney, S., Halquist, M., Foulds, J., & Veldheer, S. (2025). Changes in cardiovascular disease risk, lung function and other clinical health outcomes when people who smoke use e-cigarettes to reduce cigarette smoking: an exploratory analysis from a randomised placebo-controlled trial. *BMJ open*, 15(6), e098005.

Kabéle, M., Lyytinen, G., Bosson, J. A., Hedman, L., Antoniewicz, L., Lundbäck, M., & Mobarrez, F. (2025). Nicotine in E-cigarette aerosol may lead to pulmonary inflammation. *Respiratory medicine*, 242, 108101.

Kotoulas, S. C., Domvri, K., Tsantos, A., Papagiouvanni, I., Michailidou, A., Spyratos, D. G., Porpodis, K., Grigoriou, I., Papakosta, D., & Pataka, A. (2024). Is there a correlation between the changes in airway inflammation and the changes in respiratory mechanics after vaping in patients with asthma?. *World journal of methodology*, 14(2), 89284.

Lucchiari, C., Masiero, M., Mazzocco, K., Veronesi, G., Maisonneuve, P., Jemos, C., Omodeo Salè, E., Spina, S., Bertolotti, R., & Pravettoni, G. (2020). Benefits of e-cigarettes in smoking reduction and in pulmonary health among chronic smokers undergoing a lung cancer screening program at 6 months. *Addictive behaviors*, 103, 106222.

McElroy, J. P., Song, M. A., Barr, J. R., Gardner, M. S., Kinnebrew, G., Kuklennyik, Z., Kusovschi, J. D., Rees, J. C., Blount, B. C., Tsai, M., Wewers, M. D., Kamel, S., Reisinger, S. A., Singh, A., Weng, D. Y., & Shields, P. G. (2025). Lung lipids associated with smoking and ECIG use in a cross-sectional study and clinical trial. *Respiratory research*, 26(1), 193.

Nyilas, S., Bauman, G., Korten, I., Pusterla, O., Singer, F., Ith, M., Groen, C., Schoeni, A., Heverhagen, J. T., Christe, A., Rodondi, N., Bieri, O., Geiser, T., Auer, R., Funke-Chambour, M., & Ebner, L. (2022). MRI Shows Lung Perfusion Changes after Vaping and Smoking. *Radiology*, 304(1), 195–204.

Pulvers, K., Nollen, N. L., Rice, M., Schmid, C. H., Qu, K., Benowitz, N. L., & Ahluwalia, J. S. (2020). Effect of Pod e-Cigarettes vs Cigarettes on Carcinogen Exposure Among African American and Latinx Smokers: A Randomized Clinical Trial. *JAMA network open*, 3(11), e2026324.

Rohde, J. A., Noar, S. M., Sheldon, J. M., Hall, M. G., Kieu, T., & Brewer, N. T. (2022). Identifying Promising Themes for Adolescent Vaping Warnings: A National Experiment. *Nicotine & tobacco research*, 24(9), 1379–1385.

Song, M. A., Reisinger, S. A., Freudenheim, J. L., Brasky, T. M., Mathé, E. A., McElroy, J. P., Nickerson, Q. A., Weng, D. Y., Wewers, M. D., & Shields, P. G. (2020). Effects of Electronic Cigarette Constituents on the Human Lung: A Pilot Clinical Trial. *Cancer prevention research (Philadelphia, Pa.)*, 13(2), 145–152.

Song, Y., Li, X., Li, C., Xu, S., Liu, Y., & Wu, X. (2022). What Are the Effects of Electronic Cigarettes on Lung Function Compared to Non-Electronic Cigarettes? A Systematic Analysis. *International journal of public health*, 67, 1604989.

Song Y, Li X, Li C, Xu S, Liu Y, Wu X. What Are the Effects of Electronic Cigarettes on Lung Function Compared to Non-Electronic Cigarettes? A Systematic Analysis. *Int J Public Health*. 2022 Sep 30;67:1604989.

Staudt, M. R., Salit, J., Kaner, R. J., Hollmann, C., & Crystal, R. G. (2018). Altered lung biology of healthy never smokers following acute inhalation of E-cigarettes. *Respiratory research*, 19(1), 78. <https://doi.org/10.1186/s12931-018-0778-z>

Veldheer, S., Yingst, J., Midya, V., Hummer, B., Lester, C., Krebs, N., Hrabovsky, S., Wilhelm, A., Liao, J., Yen, M. S., Cobb, C., Eissenberg, T., & Foulds, J. (2019). Pulmonary and other health effects of electronic cigarette use among adult smokers participating in a randomized controlled smoking reduction trial. *Addictive behaviors*, 91, 95–101.

Wasfi, R. A., Bang, F., de Groh, M., Champagne, A., Han, A., Lang, J. J., McFaull, S. R., Melvin, A., Pipe, A. L., Saxena, S., Thompson, W., Warner, E., & Prince, S. A. (2022). Chronic health effects associated with electronic cigarette use: A systematic review. *Frontiers in public health*, 10, 959622.