




REVISÃO INTEGRATIVA: IMPACTOS NA SAÚDE DE TECIDOS DO TRATO RESPIRATÓRIO PELA EXPOSIÇÃO AO CARVÃO VEGETAL

INTEGRATIVE REVIEW: HEALTH IMPACTS IN RESPIRATORY TRACT TISSUES DUE TO EXPOSURE TO CHARCOAL

REVISIÓN INTEGRATIVA: IMPACTOS EN LA SALUD DE LOS TEJIDOS DEL TRACTO RESPIRATORIO POR LA EXPOSICIÓN AL CARBÓN

 <https://doi.org/10.56238/levv17n57-031>

Data de submissão: 10/01/2026

Data de publicação: 10/02/2026

Claudia Simone Baltazar de Oliveira

Doutora em Patologia das doenças Tropicais

Instituição: Centro Universitário Fibrá

E-mail: claudiabaltazar@gmail.com

Orcid: <http://orcid.org/0000-0002-1127-5961>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2803174939541811>

Anna Carolyna Luz Maia

Graduanda em Biomedicina

Instituição: Centro Universitário Fibrá

E-mail: carolmaia.ac@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-2597-498X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1978968486361642>

João Luís Fernandes Pará-Assú da Serra Freire

Graduando em Biomedicina

Instituição: Centro Universitário Fibrá

E-mail: joaofreire.biom@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-2698-1830>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3321602548791443>

Luiz Augusto Queiroz Santos

Graduando em Biomedicina

Instituição: Centro Universitário Fibrá

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-5135-7404>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1241649134075298>

RESUMO

O carvão vegetal é um tipo de combustível feito a partir de matéria vegetal e outros compostos orgânicos, muito utilizado na região rural para abastecer fornos domiciliares para o preparo de refeições. No entanto, o uso e produção desse produto estão associados a uma série de agravos de saúde, principalmente dos tecidos do trato respiratório, devido aos materiais particulados e compostos orgânicos nocivos liberados no ar durante sua queima. Foi realizada uma revisão integrativa com base na literatura disponível em bases de dados, como *Sciencedirect*, *Scientific Electronic Library Online* (ScieLo), PUBMED e Periódicos Capes, para a investigação do tema em questão. Foram incluídos no

projeto final 7 estudos originais nos idiomas português e inglês, realizados em diversos países, no corte temporal de 2018 a 2024. Os estudos evidenciaram que a exposição ao carvão vegetal é nociva para os tecidos do trato respiratório e são capazes de induzir patologias como Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (COPD) e fibrose do tecido pulmonar, além de outros sintomas como tosse, rinorreia e processos inflamatórios. Concluiu-se que há a necessidade de pesquisar o tema de forma mais aprofundada para compreender mais nitidamente os efeitos da exposição crônica ao carvão vegetal, juntamente da conscientização de comunidades expostas acerca do tema como forma de alertá-las sobre o riscos que o carvão vegetal apresenta.

Palavras-chave: Carvão Vegetal. Doença Respiratória. Estresse Oxidativo. Exposição. Material Particulado.

ABSTRACT

Charcoal is a type of fuel made from plant matter and other organic compounds, widely used in rural areas to fuel home ovens for cooking. However, the use and production of this product are associated with a number of health problems, mainly affecting the tissues of the respiratory tract, due to particulate matter and harmful organic compounds released into the air during its combustion. An integrative review was conducted based on literature available in databases such as ScienceDirect, Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed, and Capes Journals, to investigate this topic. Seven original studies in Portuguese and English, conducted in various countries between 2018 and 2024, were included in the final project. The studies showed that exposure to charcoal is harmful to the tissues of the respiratory tract and can induce pathologies such as Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) and pulmonary fibrosis, in addition to other symptoms such as cough, rhinorrhea, and inflammatory processes. It was concluded that there is a need for more in-depth research on the topic to better understand the effects of chronic exposure to charcoal, along with raising awareness among exposed communities about the risks associated with charcoal.

Keywords: Charcoal. Respiratory Disease. Oxidative Stress. Exposure. Particulate Matter.

RESUMEN

El carbón vegetal es un tipo de combustible elaborado a partir de materia vegetal y otros compuestos orgánicos, ampliamente utilizado en zonas rurales para alimentar hornos domésticos para cocinar. Sin embargo, el uso y la producción de este producto se asocian con una serie de problemas de salud, que afectan principalmente a los tejidos del tracto respiratorio, debido a la materia particulada y los compuestos orgánicos nocivos que se liberan al aire durante su combustión. Se realizó una revisión integrativa basada en la literatura disponible en bases de datos como ScienceDirect, Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed y Capes Journals, para investigar este tema. Siete estudios originales en portugués e inglés, realizados en varios países entre 2018 y 2024, se incluyeron en el proyecto final. Los estudios demostraron que la exposición al carbón vegetal es perjudicial para los tejidos del tracto respiratorio y puede inducir patologías como la Enfermedad Pulmonar Obstrutiva Crónica (EPOC) y la fibrosis pulmonar, además de otros síntomas como tos, rinorreia y procesos inflamatorios. Se concluyó que es necesario realizar investigaciones más profundas sobre el tema para comprender mejor los efectos de la exposición crónica al carbón, además de concientizar a las comunidades expuestas sobre los riesgos asociados.

Palabras clave: Carbón Vegetal. Enfermedades Respiratorias. Estrés Oxidativo. Exposición. Material Particulado.

1 INTRODUÇÃO

O carvão vegetal é produzido por meio da pirólise lenta, um processo que ocorre sob intenso calor e na ausência de oxigênio, resultando na formação de carbono fixo. Esse componente é amplamente utilizado como combustível em brasas e cozinhas artesanais. Além do carbono fixo, são gerados materiais voláteis, como gases e vapores, além de cinzas. Embora o carvão vegetal tenha importância econômica e energética, sua produção e uso acarretam implicações significativas para a saúde humana.(De Oliveira *et al.*, 2024).

A exposição ao carvão vegetal está associada a diversos sintomas respiratórios. Um estudo realizado no Rio Grande do Sul identificou alta prevalência de tosse, espirros e secreção nasal entre trabalhadores de carvoarias. Além disso, observou-se redução no fluxo aéreo pulmonar, bem como condições respiratórias graves, como rinite ocupacional, asma brônquica e Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) (Arbex *et al.*, 2010).

Além dos impactos respiratórios, a exposição ao carvão vegetal está relacionada ao estresse oxidativo, caracterizado pelo desequilíbrio entre a produção excessiva de radicais livres e a capacidade antioxidante do organismo. Esse desequilíbrio pode ser causado por fatores internos, como o metabolismo mitocondrial, e fatores externos, como a inalação de poluentes gerados pela queima do carvão vegetal. Os radicais livres formados nesse processo podem danificar biomoléculas essenciais, como lipídios, proteínas e DNA, resultando em diversas condições patológicas (Ferreira *et al.*, 1997). Em ambientes ocupacionais, a exposição constante ao carvão vegetal aumenta significativamente a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs), intensificando o estresse oxidativo. Esse processo promove danos celulares que podem contribuir para o desenvolvimento de várias doenças, reforçando a necessidade de estudos mais aprofundados sobre os riscos à saúde associados ao manuseio e uso do carvão vegetal (Barbosa *et al.*, 2010).

Portanto, este estudo justifica-se pela necessidade de compreender os impactos negativos da exposição ao carvão vegetal no organismo, visando reduzir os riscos e minimizar os efeitos das doenças associadas a essa exposição. O objetivo geral da pesquisa é realizar uma revisão integrativa da literatura sobre os danos causados pela queima do carvão vegetal à saúde humana. O objetivo específico, busca analisar a influência do carvão vegetal em nível celular, com ênfase no estresse oxidativo desencadeado pela exposição às substâncias liberadas durante sua combustão.

2 MÉTODO

Trata-se de um estudo qualitativo no formato de revisão integrativa de literatura científica, que consiste em um meio de pesquisa voltado a investigar determinada temática com o uso de dados provenientes de pesquisas preexistentes (Souza; Silva; Carvalho, 2010; Ercole; Melo; Alcoforado, 2014). O método utilizado na pesquisa se baseou na análise de artigos selecionados como forma de

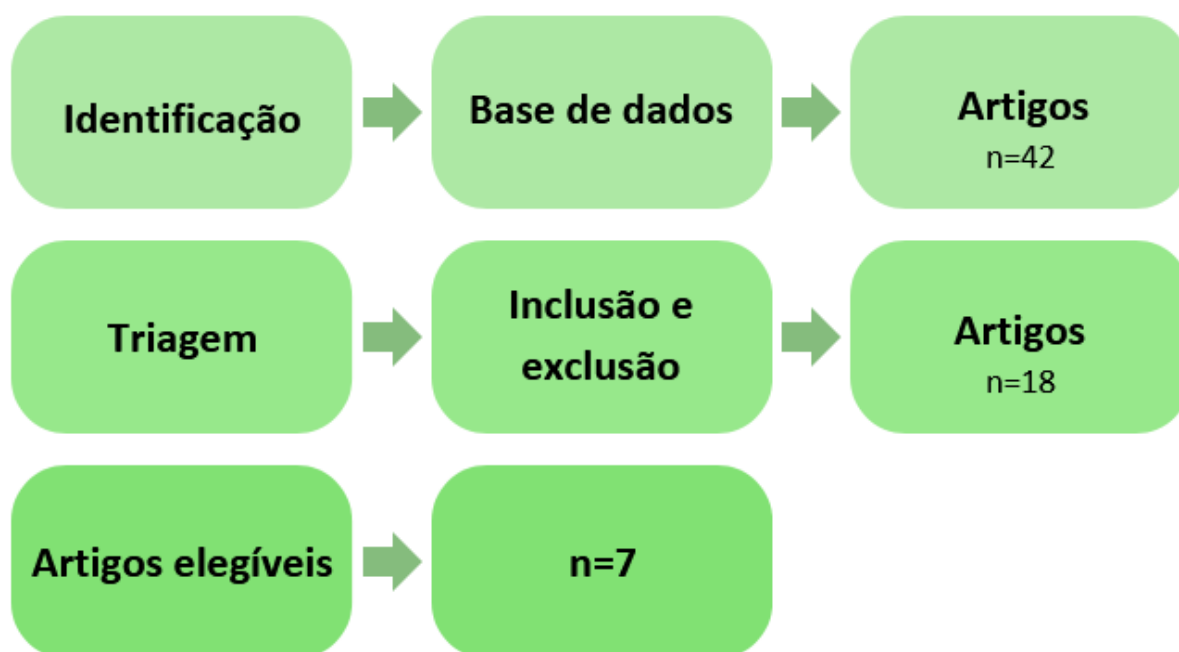
obter achados de interesse para o tema central e que pudessem responder à pergunta norteadora do projeto: “Quais os efeitos tóxicos associados com a queima de carvão no sistema respiratório humano?”.

Os critérios de busca utilizados nas bases de dados acessadas foram de artigos originais publicados em língua portuguesa ou inglesa nos últimos sete anos (2018-2024). O levantamento foi realizado por intermédio de bases de dados como *Sciencedirect*, *Scientific Electronic Library Online* (ScieLo), PUBMED e Periódicos Capes no intervalo de dezembro de 2024 a janeiro de 2025.

Em relação ao levantamento realizado nas bases de dados, foram utilizadas palavras-chave referentes ao tema e registradas como Descritores de Ciências da Saúde (DeCS), estes sendo *charcoal*, *lung disease*, *oxidative stress*, *poisoning*, *health*, *air quality*; juntamente de operadores booleanos como *and* e *or*. Os artigos foram selecionados com base em seus títulos e resumos como forma de identificar quais das pesquisas respondiam a pergunta norteadora do projeto.

Foram selecionados os artigos que se encaixavam nos critérios de seleção e excluídos os trabalhos não originais, sem acesso ao texto completo e fora do corte temporal. Na seleção final foram utilizados ensaios clínicos randomizados com animais e estudos observacionais (coorte, transversal e caso controle) que tivessem achados relevantes para a pesquisa, como ilustrado na figura 1.

Figura 1: Métodos de busca e triagem de artigos em bases de dados científicas.



Fonte: Autoria própria, 2025.

3 RESULTADOS

Dos 42 artigos inicialmente encontrados por meio de combinações de palavras-chave e operadores booleanos, 18 foram considerados apropriados por atenderem aos critérios de inclusão. No entanto, foram excluídos 11 artigos da seleção por não possuírem o texto completo disponível e não apresentarem achados relevantes para o tema.

Desse modo, ao final foram selecionados 7 artigos para a confecção da pesquisa, os quais estão dispostos no quadro 1, com informações acerca de metodologia, principais achados registrados pelos pesquisadores e organizados em ordem cronológica.

Quadro 1 - Estudos que avaliaram efeitos da exposição ao carvão vegetal na saúde.

Autor/ano	Amostra	Objetivos	Tipo de estudo	Principais achados
Goelzer, et al. (2024)	98	Avaliar os efeitos causados pelo material particulado (MP10 μm e MP2,5 μm) sobre a produção de estresse oxidativo em trabalhadores que atuam na produção de carvão vegetal em um município do Rio Grande do Sul.	Estudo observacional analítico do tipo caso controle	Trabalhadores expostos a material particulado mostraram maior atividade de enzimas oxidativas e redução na defesa antioxidante, indicando um desequilíbrio na homeostase oxidativa
Lofuta, et al. (2024)	485	Avaliar os níveis de poluição nos locais de trabalho de carvão vegetal e o impacto do trabalho na produção e venda de carvão vegetal na prevalência de DPOC.	Estudo observacional analítico transversal	Trabalhadores da produção de carvão vegetal apresentaram maior prevalência de doenças respiratórias e obstrução das vias aéreas, possivelmente devido à exposição a material particulado e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos
Pinelli, et al. (2024)	20	Estudar a toxicidade do Biochar particulado fino (<PM 10) por meio de experimentos in vitro e in vivo.	Estudo experimental controlado randomizado com animais	Foi destacada a capacidade do Biochar de induzir condições de estresse oxidativo e inflamatório, tanto in vitro quanto in vivo, cuja evolução deve ser avaliada em condições crônicas de exposição, típicas de ambientes ocupacionais.
Woolley, et al. (2021)	475.000	Comparar o risco de sintomas respiratórios, IRA e IRA grave entre crianças menores de cinco anos que vivem em domicílios que usam lenha e carvão vegetal em 30 países de baixa e média renda.	Estudo Observacional analítico transversal	O carvão vegetal, analisado como alternativa à lenha, mostrou menor associação com problemas respiratórios (como febre, tosse, falta de ar e infecções respiratórias graves) em comparação ao uso da lenha
Souza, et al. (2020)	67	Avaliar se houve mudanças significativas nos sintomas respiratórios e nos resultados da espirometria após um período de oito anos.	Estudo de coorte	Participantes com mais de 40 anos de idade apresentaram declínio de 45 ml/ano no VEF1 após administração de broncodilatador. Trabalhadores de carvão são semelhantes aos bombeiros em termos de exposição ocupacional à fumaça.
Obiebi, et al. (2019)	296	Destacar os desvios dos padrões da qualidade do ar de acordo da OMS, seu efeito na saúde respiratória dos trabalhadores de carvão vegetal e as medidas que esses trabalhadores empregam para proteger a sua saúde.	Estudo transversal	As concentrações médias de ozônio, sulfeto de hidrogênio e amônia em locais de produção de carvão vegetal eram significativamente maiores do que a 100 m e 500 m de distância dos locais.

Olujimi, et al. (2018)	68	Avaliar os níveis de 1-OHP como um indicador de exposição a HAPs de trabalhadores de carvão vegetal durante a pirólise e a colheita de carvão vegetal na Nigéria.	Estudo comparativo transversal	A variação da concentração de 1-OHP para trabalhadores de carvão em Igbo-Ora e Alabata (sujeitos) e trabalhadores não carvoeiros (controles) foi de 0,35–4,83, 0,34–3,23 e 0,01–0,79, respectivamente. A concentração média de 1-OHP para trabalhadores de carvão em Igbo-Ora e Alabata (sujeitos) e trabalhadores não carvoeiros (controles) foi de $2,22 \pm 1,27$, $1,32 \pm 0,65$ e $0,32 \pm 0,26$, respectivamente.
------------------------	----	---	--------------------------------	---

Fonte: Base de dados (2018-2024)

4 DISCUSSÃO

O estudo de Goelzer *et al.* (2024) aponta que a exposição ao carvão vegetal está ligada ao aumento do estresse oxidativo em trabalhadores. As partículas inaláveis, como MP_{2,5} e MP₁₀, representam sérios riscos à saúde. As MP_{2,5}, por serem mais finas, podem penetrar nos pulmões e atingir a corrente sanguínea, causando inflamação e danos celulares. Já as MP₁₀ afetam as vias aéreas superiores, provocando irritações e doenças respiratórias. Esses efeitos evidenciam a necessidade de medidas protetivas no ambiente de trabalho.

Um estudo no Congo conduzido por Lofuta *et al.*, (2024) com trabalhadores do carvão vegetal identificou que cerca de 40% dos participantes apresentavam Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (COPD) e sintomas respiratórios como tosse e rinorreia. A análise do ar nos locais de produção revelou altos níveis de material particulado, formaldeído e compostos orgânicos nocivos. Esses poluentes estão associados à inflamação das vias respiratórias e ao estresse oxidativo. O estudo destaca que tanto a exposição aguda quanto crônica causam danos pulmonares. Entre os efeitos estão a obstrução das vias aéreas e alterações biomoleculares nos tecidos.

A exposição ao material particulado de carvão vegetal foi investigada com experimentos in vivo e in vitro em camundongos, registrando efeitos tóxicos em células animais. Os principais achados foram a ativação de processos inflamatórios, como edemaciação e hiperemia. Esses efeitos foram mais evidentes no trato respiratório inferior. O tamanho do material particulado (menor que 5µm) facilita sua penetração nos alvéolos. Esses resultados indicam os danos respiratórios causados pela exposição ao carvão vegetal (Pinelli *et al.*, 2024). Através de experimentos in vitro, os pesquisadores observaram capacidades toxicológicas da exposição ao carvão vegetal em tecidos humanos, o que permitiu observar que os compostos orgânicos nocivos emitidos durante a queima são capazes de induzir estresse oxidativo em células A549, encontradas no trato respiratório humano. O estudo teve foco em exposições agudas ao material particulado, avaliando principalmente doses de 50 µg/ml e 100 µg/ml de concentração, ressaltando que o dano causado pela exposição aguda, embora reversível, pode se tornar em processos de inalação crônica, principalmente por trabalhadores que manuseiam o material,

devido à capacidade do carvão vegetal de induzir inflamação e, consequentemente, fibrose do tecido pulmonar (Pinelli *et al.*, 2024).

Os impactos respiratórios do uso de carvão vegetal foram avaliados, também, no estudo de Woolley *et al.*, (2021). A investigação foi realizada em crianças menores de cinco anos em 30 países de baixa e média renda. Embora a pesquisa tenha indicado que, de maneira geral, não houve uma diferença significativa na prevalência de sintomas respiratórios entre os grupos analisados, observou-se que o tipo de biomassa utilizada pode influenciar a saúde respiratória infantil. Os dados sugerem que, em determinadas regiões, o uso de madeira esteve associado a um risco maior de infecções respiratórias agudas (IRA) em comparação ao carvão vegetal.

No quesito de saúde do trabalhador, o estudo de Souza *et al.* (2020) se destaca por realizar a avaliação dos impactos da produção de carvão vegetal na saúde respiratória de trabalhadores no sul do Brasil, comparando dados do período de 2008 a 2016, constaram que houve um declínio significativo nos volumes pulmonares ao longo dos anos. Os trabalhadores que permaneceram na profissão de produtor de carvão vegetal tiveram um declínio mais acentuado, se destaca no estudo uma maior necessidade de medidas de proteção para os trabalhadores.

No estudo de Obiebi *et al.* (2019) foram investigados os impactos da produção de carvão vegetal na saúde respiratória dos trabalhadores e os comparando com um grupo controle. Os principais sintomas apresentados pelos trabalhadores de carvão vegetal são tosse crônica, chiado, falta de ar e secreção nasal, além disso, vale salientar que somente 57,1% dos trabalhadores que participaram do estudo estavam cientes dos equipamentos de proteção individual (EPI's) e somente 3,4% dos trabalhadores relataram usá-los e um número menor ainda de funcionários (2,4%) relataram que receberam instruções de seu uso.

O estudo de Souza *et al.* (2020) analisou 67 trabalhadores de carvoarias nos municípios de Lindolfo Collor, Ivoti e Presidente Lucena. A espirometria mostrou valores de VEF1 de 3,24 L e CVF de 4,02 L. Os sintomas respiratórios mais comuns foram espirros e secreção nasal (35,8%) e tosse (22,4%), que corrobora estudos citados anteriormente. Entre os 21 trabalhadores tabagistas, observou-se maior prevalência de tosse e redução no VEF1. O estudo concluiu que, embora os sintomas respiratórios fossem mais frequentes entre os tabagistas, o controle da pirólise não aumentou esses sintomas.

Por fim, no estudo de Olujimi *et al.*, (2018) foi avaliada a exposição de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) entre trabalhadores de carvão vegetal na Nigéria, usando o metabólito urinário 1-hidroxipireno (1-OHP) como biomarcador. Com quase 100% dos trabalhadores excedendo os limites de exposição determinados pela Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais (ACGIH). Os riscos de exposição a trabalhadores de carvão vegetal exceder o limite

de 1-OHP comparado ao controle é 3,14 vezes maior. Os riscos das HAP's estão associados a câncer, doenças cardiovasculares e respiratórias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o tema apresentado não possua tanta representatividade em bases de dados, os resultados alcançados pelos estudos analisados concluem que a exposição ao carvão vegetal apresenta um risco para a saúde, devido ao seu potencial de induzir estresse oxidativo e inflamação em tecidos com os quais entra em contato, que geralmente é o tecido dos pulmões.

Algo observado em alguns dos estudos foi que o grupo mais exposto aos materiais particulados e emissões do carvão vegetal eram, principalmente, trabalhadores atuando na produção e comercialização do produto, e como relatado no estudo de Obiebi *et al.* (2019), apenas uma pequena parcela dos trabalhadores envolvidos em tais processos possuíam equipamentos adequados ou receberam instruções para seu uso. Com isso, é possível inferir que a exposição ao carvão vegetal ocorre em uma grande escala devido à falta do conhecimento do público geral acerca dos agravos de saúde associados com o seu uso.

Desse modo, é de suma importância que as comunidades mais expostas sejam alertadas desse risco para que seus habitantes possam se proteger ou buscar tratamentos para as enfermidades que possam apresentar. Adicionalmente, é importante estimular a pesquisa do carvão vegetal, uma vez que isso poderá tornar mais claros os mecanismos patogênicos que seus compostos apresentam, juntamente da evolução à cronicidade que a exposição ao carvão vegetal pode apresentar.



REFERÊNCIAS

- ALI, et al. A comprehensive Review into Emission Sources, Formation Mechanisms, Ecological Effects, and Biotransformation Routes of Halogenated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (HPAHs). ScienceDirect, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117196>.
- BARBOSA, Kiriaque Barra Ferreira et al. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. Revista de Nutrição, v. 23, p. 629-643, 2010.
- CAVALCANTE, Antonio George de Matos; BRUIN, Pedro Felipe Carvalhede de. O papel do estresse oxidativo na DPOC: conceitos atuais e perspectivas. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v. 35, p. 1227-1237, 2009.
- DE OLIVEIRA, Anna Júlia Leite et al. VARIABILIDADE NA DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA IMEDIATA DO CARVÃO VEGETAL DE EUCALIPTO. Semana de Engenharia Florestal da Bahia (SEEFLO-BA), v. 4, 2024.
- DIAS, Elizabeth Costa et al. Processo de trabalho e saúde dos trabalhadores na produção artesanal de carvão vegetal em Minas Gerais, Brasil. Cadernos de Saúde Pública, v. 18, p. 269-277, 2002.
- ERCOLE, F. F.; MELO, L. S. D.; ALCOFORADO, C. L. G. C. Revisão integrativa versus revisão sistemática. Reme: Revista Mineira de Enfermagem, v. 18, n. 1, p. 09-11, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1415-2762.20140001>
- FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. Revista da Associação Médica Brasileira, v. 43, p. 61-68, 1997.
- GOELZER, Daniela Philippsen et al. Avaliação do estresse oxidativo causado pela exposição ao material particulado em trabalhadores de carvão vegetal. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 17, n. 3, p. e11798-e11798, 2024.
- LEE, et al. Adverse health effects associated with household air pollution: a systematic review, meta-analysis, and burden estimation study. ScienceDirect, 2020. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30343-0](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30343-0).
- LOFUTA, et al. Occupational Exposure to Charcoal Smoke and Dust, a Major Risk Factor for COPD. ScienceDirect, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2024.07.158>.
- MARTEY, et al. Empirical analysis of solid biomass fuel and ill-health. ScienceDirect, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100437>.
- OBIEBI, et al. A cross-sectional analysis of respiratory ill-health among charcoal workers and its implications for strengthening occupational health services in southern Nigeria. BMJ, Nigéria, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-022361>.
- OLUJIMI, et al. Preliminary Investigation into Urinary 1-Hydroxypyrene as a Biomarker for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons exposure among Charcoal Workers in Ogun and Oyo States, Nigeria. ScienceDirect, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2017.12.004>.
- ORINA, et al. Household carbon monoxide (CO) concentrations in a large African city: An unquantified public health burden?. ScienceDirect, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124054>.

PINELLI, et al. Biochar dust emission: Is it a health concern? Preliminary results for toxicity assessment. ScienceDirect, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2024.104477>.

SOUZA, Rafael Machado de et al. Sintomas respiratórios em trabalhadores de carvoarias nos municípios de Lindolfo Collor, Ivoti e Presidente Lucena, RS. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v. 36, p. 210-217, 2010.

SOUZA, R. M.; COSTA, C. C.; WATTE, G. Lung function and respiratory symptoms in charcoal workers in southern Brazil: an eight-year cohort study. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20200250>.

WOOLLEY, Katherine E. et al. Comparison of respiratory health impacts associated with wood and charcoal biomass fuels: a population-based analysis of 475,000 children from 30 low-and middle-income countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 17, p. 9305, 2021.