

Os resultados evidenciaram elevada exposição ocupacional a poeiras minerais, particularmente em actividades de perfuração, britagem e processamento mineral, associada à ocorrência de alterações respiratórias compatíveis com pneumoconiose. Verificou-se igualmente a utilização limitada de equipamentos de protecção individual, fragilidades nos mecanismos preventivos e a reduzida implementação de tecnologias modernas de monitorização ocupacional. Os achados demonstram que a integração insuficiente entre o crescimento económico, a inovação tecnológica e a protecção da saúde laboral compromete a sustentabilidade humana do sector extractivo. Conclui-se que o fortalecimento das políticas de segurança e saúde ocupacional, aliado à incorporação de tecnologias inteligentes de vigilância e prevenção, constitui um elemento estratégico para a promoção da resiliência económica e da sustentabilidade do sector mineiro moçambicano.

Palavras-chave: Mineração, pneumoconiose, poeiras minerais, resiliência económica, transformação tecnológica.

ABSTRACT

The Mozambican mining sector has grown increasingly relevant to national economic development, although significant occupational health challenges persist, particularly exposure to mineral dust and the occurrence of pneumoconiosis. This study examined pneumoconiosis challenges in the context of economic resilience and technological transformation in the Mozambican mining sector, seeking to understand how occupational exposure conditions, socioeconomic factors, and preventive limitations influence miners' health. Methodologically, the study adopted a quantitative, descriptive, and analytical cross-sectional approach conducted in Zambézia Province. The sample consisted of mine workers and residents living near mining areas, selected through convenience sampling. Data collection involved occupational exposure questionnaires, spirometry tests, digital chest radiography, direct

observation, and documentary analysis. The results showed high occupational exposure to mineral dust, particularly in drilling, crushing, and mineral processing activities, associated with respiratory changes consistent with pneumoconiosis. The study also identified limited use of personal protective equipment, weaknesses in preventive mechanisms, and reduced implementation of modern occupational monitoring technologies. The findings demonstrate that the insufficient integration of economic growth, technological innovation, and occupational health protection compromises the human sustainability of the extractive sector. The study concludes that strengthening occupational safety and health policies, combined with intelligent monitoring and prevention technologies, is a strategic element for promoting economic resilience and sustainability in the Mozambican mining sector.

Keywords: economic resilience, mining, mineral dust, pneumoconiosis, technological transformation.

RESUMEN

El sector minero mozambiqueño ha cobrado una creciente relevancia en el desarrollo económico nacional, aunque persisten importantes desafíos relacionados con la salud ocupacional, en particular en lo que respecta a la exposición a polvos minerales y a la ocurrencia de neumoconiosis. El presente estudio analizó los desafíos de la neumoconiosis en el contexto de la resiliencia económica y de la transformación tecnológica del sector minero mozambiqueño, con el fin de comprender cómo las condiciones de exposición ocupacional, los factores socioeconómicos y las limitaciones de prevención inciden en la salud de los trabajadores mineros. Metodológicamente, se trata de una investigación cuantitativa, descriptiva y analítica, con enfoque transversal, realizada en la provincia de Zambézia. La muestra estuvo compuesta por trabajadores mineros y residentes de las proximidades de las áreas de explotación minera, seleccionados mediante muestreo por



ALBA

ISFIC RESEARCH AND SCIENCE JOURNAL



Baseada na plataforma OJS. Licença Creative Commons BY 4.0
ISSN PRINT: 3006-2489; ISSN ONLINE: 3006-2470
1ª ed, Vol. 1, No. 12, setembro, 2026, Plataforma OJS
<https://alba.ac.mz/index.php/alba/issue/view/16>
albaisfic@gmail.com; alba@isfic.ac.mz

conveniencia. La recolección de datos incluyó cuestionarios de exposición ocupacional, espirometría, radiografía digital de tórax, observación directa y análisis documental. Los resultados evidenciaron una elevada exposición ocupacional a polvos minerales, especialmente en actividades de perforación, trituración y procesamiento de minerales, asociada a alteraciones respiratorias compatibles con neumoconiosis. Asimismo, se identificó un uso limitado de equipos de protección individual, debilidades en los mecanismos preventivos y una escasa implementación de tecnologías modernas de monitoreo ocupacional. Los hallazgos demuestran que la insuficiente integración entre el crecimiento económico, la innovación tecnológica y la protección de la salud laboral compromete la sostenibilidad humana del sector extractivo. Se concluye que el fortalecimiento de las políticas de seguridad y salud ocupacional, junto con la incorporación de tecnologías inteligentes de vigilancia y prevención, constituye un elemento estratégico para promover la resiliencia económica y la sostenibilidad del sector minero mozambiqueño.

Palabras clave: minería, neumoconiosis, polvo mineral, resiliencia económica, transformación tecnológica.

1. INTRODUÇÃO

O sector mineiro tem desempenhado um papel estratégico no desenvolvimento económico de diversos países, sobretudo nas economias emergentes, onde a exploração de recursos minerais constitui uma importante fonte de receitas públicas, de investimento estrangeiro e de geração de emprego (Watari et al., 2020). Em Moçambique, a expansão da indústria extractiva nas últimas décadas impulsionou significativamente o crescimento económico nacional,

particularmente através da exploração de carvão mineral, areias pesadas, ouro, grafite e tantalite, contribuindo para o aumento das exportações e para a dinamização das economias locais (Zacarias, 2023). Todavia, este crescimento económico tem sido acompanhado de desafios estruturais relacionados com a segurança e a saúde ocupacional, especialmente no que se refere à exposição prolongada dos trabalhadores a poeiras minerais respiráveis.

A literatura científica internacional evidencia que a mineração constitui uma das actividades ocupacionais mais susceptíveis à ocorrência de doenças respiratórias profissionais, particularmente as pneumoconioses associadas à exposição à sílica cristalina e ao amianto (Nelson et al., 2010; Hoy et al., 2018). Segundo Algranti et al. (2006), a inalação contínua de poeiras minerais provenientes de actividades como perfuração, britagem, moagem, lapidação e transporte de minérios favorece o desenvolvimento de alterações pulmonares irreversíveis, destacando-se a silicose e a asbestose como as principais formas de pneumoconiose fibrogénica.

Estudos epidemiológicos demonstram que trabalhadores mineiros submetidos a elevados níveis de exposição ocupacional apresentam maior susceptibilidade ao desenvolvimento de doenças respiratórias crónicas, particularmente em ambientes caracterizados por insuficiência de medidas preventivas e limitações na vigilância ocupacional (Ramírez et al., 2017; Qi et al., 2021). Nelson et al. (2010), ao analisarem a

prevalência de silicose em mineiros sul-africanos, verificaram que a exposição cumulativa à sílica livre cristalina permanece associada ao agravamento progressivo da função pulmonar, mesmo após a cessação da actividade laboral. De igual modo, Hoy et al. (2018) referem que as doenças respiratórias relacionadas com a sílica continuam a representar um importante problema de saúde pública global, particularmente em países em desenvolvimento.

No contexto africano, as investigações realizadas na indústria mineira da África do Sul revelaram elevadas taxas de silicose entre trabalhadores moçambicanos migrantes, evidenciando a vulnerabilidade histórica desses trabalhadores a doenças ocupacionais respiratórias (Knight et al., 2015). Mais recentemente, Knight et al. (2020) reforçaram que as pneumoconioses continuam a constituir uma das principais causas de incapacidade funcional e de mortalidade ocupacional no sector mineiro africano, sobretudo em contextos marcados por fragilidades institucionais na implementação de políticas de segurança e saúde no trabalho. Paralelamente, Cohen et al. (2016) e Carney et al. (2019) destacam que a persistência da exposição a poeiras minerais em actividades extractivas está associada não apenas ao surgimento de pneumoconioses, mas também ao aumento de doenças pulmonares obstrutivas crónicas e de outras patologias respiratórias incapacitantes. Doney et al. (2019) acrescentam que a precariedade das condições laborais, associada à utilização limitada de equipamentos de protecção individual e colectiva, aumenta significativamente os riscos ocupacionais em ambientes mineiros.

Do ponto de vista da saúde ocupacional, Baptista et al. (2007) defendem que os sistemas de segurança e saúde no trabalho devem integrar mecanismos contínuos de monitorização ambiental, avaliação epidemiológica e prevenção dos riscos associados à exposição mineira. Nesta perspectiva, Cowie (2019) sublinha que a análise epidemiológica das pneumoconioses deve considerar não apenas os factores ocupacionais directos, mas também os determinantes socioeconómicos e organizacionais que condicionam a permanência dos trabalhadores em ambientes laborais de elevado risco.

Embora os avanços tecnológicos observados nas últimas décadas tenham permitido melhorias nos sistemas de monitorização ambiental e de controlo de riscos, as pneumoconioses continuam a representar um importante desafio para a sustentabilidade humana do sector extractivo (Schlünssen et al., 2023). A actual era da transformação tecnológica e da Inteligência Artificial (IA) abre novas possibilidades para a implementação de sistemas inteligentes de vigilância ocupacional, de análise preditiva de riscos e de monitorização da exposição a poeiras minerais. Contudo, em muitos países africanos, incluindo Moçambique, persistem limitações estruturais à implementação efectiva dessas tecnologias nos ambientes mineiros.

No caso moçambicano, apesar da crescente importância económica do sector extractivo, os estudos científicos sobre doenças ocupacionais permanecem escassos, particularmente quanto à prevalência específica de pneumoconiose entre mineiros de superfície. Dados do Centro de Integridade

ocupacional a poeiras minerais, comprometendo simultaneamente a saúde dos trabalhadores e a sustentabilidade do crescimento económico extractivo.

Do ponto de vista científico e prático, o estudo pretende contribuir para o fortalecimento da literatura sobre saúde ocupacional em contextos mineiros africanos, fornecendo evidências relevantes para a formulação de políticas públicas orientadas à prevenção de doenças ocupacionais, à promoção de ambientes laborais seguros e à integração de soluções tecnológicas inovadoras nos sistemas de vigilância ocupacional. Além disso, o artigo procura ampliar o debate sobre a resiliência económica e a sustentabilidade humana nos países lusófonos na era da Inteligência Artificial.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Desenho do estudo

O presente estudo caracteriza-se como uma investigação quantitativa, de natureza descritiva e analítica, com abordagem transversal, desenvolvida no contexto do sector mineiro da província da Zambézia, Moçambique. O estudo procurou analisar a relação entre a exposição ocupacional a poeiras minerais, a ocorrência de pneumoconiose e os desafios associados à saúde ocupacional no contexto da resiliência económica e da transformação tecnológica do sector extractivo moçambicano.

A opção pela abordagem quantitativa permitiu analisar, de forma sistemática, os factores ocupacionais e socioeconómicos associados à exposição mineira,

possibilitando a identificação de padrões de vulnerabilidade ocupacional entre os trabalhadores mineiros.

2.2. Área de estudo

A investigação foi realizada em áreas mineiras localizadas na província da Zambézia, região caracterizada pela presença de actividades extractivas relacionadas com exploração mineral artesanal e semi-industrial. A escolha da área fundamentou-se na expansão crescente da actividade mineira local e na escassez de estudos epidemiológicos sobre doenças respiratórias ocupacionais na região.

Universo e amostra

O universo do estudo foi constituído por trabalhadores mineiros envolvidos em actividades de extracção, perfuração, britagem, transporte e processamento de minerais nas áreas seleccionadas. A amostra foi composta por 400 trabalhadores mineiros e pela população residente nas proximidades das mineradoras, seleccionados de forma não probabilística por conveniência, considerando a acessibilidade, a disponibilidade dos participantes e os critérios de inclusão estabelecidos para o estudo.

Na amostra foi possível incluir 94 trabalhadores e 227 indivíduos da população, com histórico de exposição ocupacional directa às poeiras minerais e tempo mínimo de actividade laboral previamente definido na investigação. Excluíram-se trabalhadores temporários com reduzido tempo de exposição ocupacional, bem como indivíduos que não aceitaram participar voluntariamente da pesquisa.

adequadas e sob supervisão de profissionais especializados.

As radiografias digitais obtidas foram submetidas à apreciação de leitores treinados segundo os parâmetros da Organização Internacional do Trabalho (OIT), o que permitiu assegurar maior precisão na classificação das alterações pulmonares compatíveis com pneumoconioses ocupacionais. Paralelamente, realizou-se a observação directa das condições ambientais e organizacionais dos locais de trabalho, o que possibilitou identificar factores associados à exposição ocupacional, fragilidades preventivas e práticas de segurança ocupacional existentes nas explorações mineiras analisadas.

2.5. Validação e tratamento dos dados

Os dados recolhidos foram submetidos a procedimentos de verificação, codificação, validação e triangulação metodológica, com o objectivo de assegurar a consistência, a fiabilidade e a robustez científica das informações obtidas. A triangulação dos dados resultou da integração das informações provenientes dos questionários de exposição ocupacional, dos exames clínicos de espirometria, das radiografias digitais avaliadas segundo os critérios da OIT (2011), da observação directa e da análise documental.

Após o processo de validação, os dados foram organizados em base electrónica e submetidos à análise estatística descritiva, utilizando frequências absolutas, percentagens e análise comparativa das variáveis estudadas. A integração dos diferentes instrumentos metodológicos permitiu identificar tendências relacionadas

com a exposição ocupacional a poeiras minerais, alterações respiratórias compatíveis com pneumoconioses, vulnerabilidade ocupacional e fragilidades nos mecanismos de prevenção e segurança ocupacional no contexto mineiro moçambicano.

2.6. Validação e tratamento dos dados

Os dados recolhidos foram submetidos a procedimentos de verificação, codificação e validação, visando assegurar a consistência e fiabilidade das informações obtidas. Após a validação, os dados foram organizados em base electrónica e analisados por meio de métodos estatísticos descritivos, incluindo frequências absolutas, percentagens e análise comparativa das variáveis estudadas.

A análise dos resultados permitiu identificar tendências relacionadas à exposição ocupacional, à vulnerabilidade respiratória e a fragilidades nos mecanismos de prevenção e de segurança ocupacional no contexto mineiro estudado.

Considerações éticas

O estudo foi conduzido em conformidade com os princípios éticos e legais aplicáveis à investigação envolvendo seres humanos, respeitando os princípios de autonomia, confidencialidade, beneficência e não maleficência. Todos os participantes foram previamente esclarecidos acerca dos objectivos da investigação, dos procedimentos adoptados e da garantia de anonimato das informações fornecidas, tendo participado de forma voluntária, mediante assinatura do termo de consentimento informado.

O protocolo de investigação foi submetido e aprovado sob o nº 653/CNBN/22 do [Comité

para a permanência dos trabalhadores em ambientes ocupacionais de risco. Esta constatação reforça a perspectiva de Hilson (2016), segundo a qual o crescimento económico baseado na exploração extractiva tende frequentemente a coexistir com fragilidades laborais e vulnerabilidade social.

No contexto da transformação tecnológica, observou-se uma implementação limitada de sistemas modernos de monitorização ambiental e de vigilância ocupacional nas minas estudadas. Apesar dos avanços tecnológicos globais na indústria extractiva, persistem fragilidades no âmbito da prevenção, do controlo de poeiras e do rastreio precoce de doenças ocupacionais, situação também identificada por Schlünssen et al. (2023) em economias mineiras emergentes. Neste sentido, os resultados sugerem que a integração de tecnologias inteligentes de monitorização ocupacional e de ferramentas associadas à Inteligência Artificial poderá fortalecer a prevenção da pneumoconiose, melhorar a vigilância epidemiológica e contribuir para uma maior sustentabilidade humana e económico do sector mineiro moçambicano.

Os achados do estudo acrescentam evidências científicas relevantes sobre a realidade ocupacional mineira em Moçambique, particularmente entre mineiros de superfície, um contexto ainda pouco explorado na literatura nacional. Além disso, reforçam a necessidade de articulação entre o crescimento económico, a inovação tecnológica e a protecção da saúde ocupacional como pilares fundamentais da resiliência económica no sector extractivo lusófono.

4. CONCLUSÃO

O estudo analisou os desafios da pneumoconiose no contexto da resiliência económica e da saúde ocupacional no sector mineiro moçambicano, evidenciando que a exposição prolongada a poeiras minerais, associada às fragilidades preventivas e às condições laborais precárias, favorece o desenvolvimento de alterações respiratórias compatíveis com pneumoconiose entre trabalhadores mineiros da província da Zambézia.

Os resultados demonstraram que factores como o tempo de exposição, a natureza das actividades mineiras, a utilização limitada de Equipamentos de Protecção Individual e a monitorização ocupacional insuficiente aumentam significativamente a vulnerabilidade dos trabalhadores. Observou-se igualmente que a dependência económica da mineração contribui para a permanência em ambientes laborais de risco.

No contexto da transformação tecnológica, verificou-se uma incorporação limitada de mecanismos modernos de vigilância e controlo ocupacional, o que reduz a capacidade preventiva do sector. Assim, os resultados reforçam a necessidade de integração entre o crescimento económico, a inovação tecnológica e a protecção da saúde ocupacional, como elementos essenciais para a sustentabilidade do sector extractivo.

Com base nos resultados obtidos, a hipótese de investigação não foi rejeitada, pois ficou evidenciado que a implementação limitada de mecanismos tecnológicos e preventivos de segurança e saúde ocupacional contribui para a manutenção da exposição ocupacional às poeiras minerais e para o agravamento dos

- Rudakov, M., Korchagin, V., & Yakovleva, E. (2021). Environmental and occupational exposure to mining dust: Health implications in mining regions. *Mining Science*, 28(3), 45–58.
- Schlünssen, V., Basinas, I., & Omland, Ø. (2023). Occupational respiratory diseases in developing economies. *Current Environmental Health Reports*, 10(1), 45–58.
- Watari, T., Nansai, K., Nakajima, K., & Giurco, D. (2020). Global mining and the transition toward sustainable economies. *Resources, Conservation and Recycling*, 154, 104607.
- Zacarias, A. (2023). *Expansão da indústria extractiva e crescimento económico em Moçambique*. Universidade Eduardo Mondlane.
- Žibret, G., Lemiere, B., & Miler, M. (2013). Dust emissions from mining activities and their environmental impacts. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(12), 10259–10271.