

Riscos Ergonômicos na Mineração Subterrânea e Repercussões na Saúde dos Trabalhadores

Ergonomic Risks in Underground Mining and Their Impact on Workers' Health

Emanuela Silva de Santana¹, Angélica de Souza Galdino Acioly²

RESUMO

Objetivo: Avaliar os riscos ergonômicos na atividade de operadores de máquinas pesadas na extração subterrânea de minério de cromo. **Metodologia:** Trata-se de um estudo exploratório-descritivo, com pesquisa de campo de abordagem qualitativa e quantitativa. Os instrumentos aplicados foram questionário sociodemográfico e de aspectos ocupacionais, Questionário Nórdico Padrão e de análise REBA (*Rapid Entire Body Assessment*). A amostra foi composta por 32 operadores de máquinas pesadas, (carregadeira tipo LHD, perfurador *Fandriill*, batedor de choco e robô de jateamento de concreto). **Resultados:** os achados mostraram que 87,5% dos funcionários relataram dores musculoesqueléticas nos últimos 12 meses, especialmente nas áreas lombar, dorsal e nos ombros. Nos sete dias que antecederam o estudo, 53,1% relataram dor ou desconforto, principalmente nas áreas lombar e dorsal. Esses resultados sugerem que posturas inadequadas e dores musculoesqueléticas são os principais fatores de risco ocupacional para a saúde dos operadores de máquinas pesadas usadas na extração de cromo. **Conclusão:** O estudo evidencia a necessidade de treinamentos voltados à manutenção de posturas neutras e à adequação ergonômica dos equipamentos, medidas que reduzem riscos, melhoram a qualidade de vida dos trabalhadores e oferecem subsídios práticos para a gestão da saúde ocupacional.

Palavras-chave: Saúde do trabalhador. Ergonomia. Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho

ABSTRACT

Objective: To assess the ergonomic risks associated with the work of heavy machinery operators in the underground mining of chrome ore. **Methodology:** This is an exploratory-descriptive study, employing a field research design with both qualitative and quantitative approaches. The instruments used included a sociodemographic and occupational questionnaire, the Standardized Nordic Questionnaire, and the REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) tool. The sample consisted of 32 heavy machinery operators, including LHD loaders, *Fandriill* drillers, chocolate tappers, and concrete blasting robots. **Results:** Findings showed that 87.5% of the workers reported musculoskeletal pain in the past 12 months, particularly in the lumbar, dorsal, and shoulder regions. In the seven days preceding the study, 53.1% reported pain or discomfort, mainly in the lumbar and dorsal regions. These results suggest that inappropriate postures and musculoskeletal pain are the main occupational risk factors affecting the health of heavy machinery operators in chrome mining. **Conclusion:** The study highlights the need for training focused on maintaining neutral postures and on ergonomic adjustment of equipment, measures that reduce risks, improve workers' quality of life, and provide practical support for occupational health management.

Keywords: Worker Health. Ergonomics. Work-Related Musculoskeletal Disorders.

¹ Mestre em Ergonomia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife - Pernambuco, Brasil.

E-mail: emanuela.santana@ufpe.br

ORCID : <https://orcid.org/0009-0004-5875-3037>

² Doutora em Design, Universidade Federal da Paraíba. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0892-6644>

1. INTRODUÇÃO

A mineração é uma atividade de extrema relevância para o progresso econômico mundial, uma vez que fornece matéria-prima para diversos setores, abrangendo desde infraestrutura civil e transporte até tecnologia e agricultura. No cenário brasileiro, em 2024, a atividade de mineração registrou faturamento de 270,8 bilhões de reais, contribuindo substancialmente para a economia (IBRAM, 2024). Contudo, a mineração é uma atividade de alto risco, exigindo a adoção de abordagens adequadas individuais e coletivas para garantir que os benefícios econômicos sejam obtidos de maneira responsável (VAZ et al., 2023).

Dentre os minerais explorados no Brasil, o cromo destaca-se por sua contribuição tanto em termos de faturamento quanto por sua ampla aplicação industrial. Componente fundamental para a produção de ligas ferro-cromo, aço inoxidável, refratários e produtos químicos, o cromo é considerado mineral estratégico para diversas cadeias produtivas. As reservas nacionais de cromo estão majoritariamente concentradas no estado da Bahia, que detém aproximadamente 90% do total de reservas do país (LIMA, 2009). Nesse cenário, a Companhia de Ferro Ligas da Bahia (FERBASA) ocupa uma posição de destaque, sendo responsável por aproximadamente 95% da produção nacional de cromo (ANM, 2023).

O processo de extração do cromo é realizado de forma subterrânea, método que permite a retirada do minério a grandes profundidades. Esse tipo de operação exige o uso de tecnologias avançadas, máquinas pesadas e práticas de segurança rigorosas para garantir a eficiência operacional e minimizar os riscos aos trabalhadores. Contudo, a mineração subterrânea demanda elevado esforço físico e expõe os trabalhadores a diversos riscos, físicos, químicos, biológicos e ergonômicos, os quais podem comprometer sua saúde (ROBINSON et al., 2023).

As condições de trabalho adversas nas minas subterrâneas incluem fatores como o uso contínuo de equipamentos pesados, o *design* restrito das cabines dos equipamentos, que obriga os trabalhadores a adotarem posturas forçadas, além de movimentos repetitivos. Esses elementos aumentam a demanda física sobre os profissionais, resultando em alta incidência de distúrbios musculoesqueléticos (DME), impactando a qualidade de vida e produtividade no ambiente de trabalho (KUNDA et al., 2013; RABIEI et al., 2021).

A dor lombar é um dos problemas mais frequentemente relatados na literatura entre trabalhadores de mineração (SOUZA et al., 2015; CUSTODIO et al., 2016; RABIEI et al., 2021), resultando em afastamentos e aposentadorias precoces. No entanto, é importante

destacar que, até o momento, há uma escassez de estudos sobre as posturas de trabalho adotadas por operadores de máquinas pesadas na indústria da mineração e a ocorrência de DME (EGER et al., 2014; SHARMA; DYE; DYE, 2016; KUMAR et al., 2022). A compreensão dessa relação torna-se ainda mais desafiadora ao buscar informações por meio de métodos de análise postural, como a Avaliação Rápida de Todo o Corpo (*Rapid Entire Body Assessment* - REBA) (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000), combinada com a avaliação da ocorrência e intensidade de sintomas osteomusculares.

Dessa forma, o presente estudo aborda aspectos relacionados aos riscos ergonômicos enfrentados pelos trabalhadores que operam equipamentos pesados na extração de minério de cromo. Entre esses aspectos, destacam-se as posturas adotadas pelos trabalhadores durante suas atividades que podem resultar em sobrecarga muscular e articular, causando dores e desconforto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Tipo de Estudo

Este é um estudo descritivo e exploratório de natureza aplicada, com abordagem mista (quantitativa e qualitativa).

Local de estudo

O estudo foi realizado em uma mineradora situada no semiárido nordestino. A empresa se dedica à extração de minérios de cobre, chumbo, zinco e outros minerais metálicos não-ferrosos. A mina de cromo explorada pela empresa em estudo abriga um dos maiores depósitos desse tipo de minério na América Latina. A operação da lavra é subterrânea com acesso ao minério por meio de galerias e túneis. Para realização das atividades são utilizados diversos equipamentos que incluindo jumbo hidráulico e pneumático (perfuração), *Fandril* hidráulico e pneumático (perfuração), batedor de choco (quebra das rochas), carregadeira tipo LHD, CAT e volvo para carregamento, caminhão plataforma, poliguindaste (carregamento e transporte) e robô de jateamento de concreto. Outros equipamentos de apoio como motoniveladora, veículo *pick up*, *cable bolt* (cabo de aço para apoiar o teto da mina) e *raiser borer* (máquina para aberturas verticais ou inclinadas) também são requeridos. Para garantir a operação contínua da mina, os operadores trabalham em sistema de revezamento de quatro turnos, passando uma semana em cada turno. Os turnos de trabalho têm duração de seis horas.

População e amostra da pesquisa

Nessa pesquisa a população foi constituída por 1.308 indivíduos que trabalham na mineração subterrânea de cromo. Segundo Marconi; Lakatos (2003), a amostra envolve a seleção criteriosa de parte representativa do conjunto total, ou seja, uma porção da população que visa possibilitar a estimativa equivalente para o conjunto completo da população. Considerando o processo de extração de cromo, foram selecionadas as etapas que envolvem máquinas pesadas que potencialmente apresentam risco ocupacional aos operadores. Entre esses equipamentos estão a carregadeira rebaixada articulada LHD, o batedor de choco, a carreta de perfuração *Fandril* e o robô de jateamento de concreto. Dessa forma, a amostra do estudo foi composta por operadores dos equipamentos supracitados, sendo recrutados 32 participantes do sexo masculino. Como critérios para compor a amostra da pesquisa, consideraram-se os seguintes aspectos:

Inclusão: foram incluídos os operadores dos equipamentos envolvidos nas etapas selecionadas do processo produtivo de extração subterrânea de cromo (carregadeira rebaixada articulada LHD, carreta de perfuração *Fandril*, batedor de choco e robô de jateamento de concreto), que exerçam atividades na empresa há pelo menos 1 ano e que aceitaram participar da pesquisa.

Exclusão: foram excluídos da amostra os operadores que estavam afastados das atividades devido a questões de saúde ou que se encontravam em período de férias e os que não aceitaram participar da pesquisa.

Aos que aceitaram participar, foi entregue o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) antes do início da coleta de dados (TCLE). O projeto foi submetido à avaliação pelo Comitê de Ética e Pesquisa da UFPE e devidamente aprovado com parecer número: 6.701.875.

Coleta de dados

A coleta de dados para a pesquisa foi dividida em três etapas:

1) *Verificação das atividades de trabalho e riscos ergonômicos.*

Esta etapa foi conduzida por meio de observação direta no local durante seis visitas, com o objetivo de entender as atividades e os conteúdos de trabalho dos operadores. Além disso, foram analisadas as posturas adotadas pelos e os motivos que justificam a adoção dessas posturas.

2) Aplicação de questionário sobre o perfil sóciodemográfico/ocupacional e avaliação de sintomas de distúrbios musculoesqueléticos.

O questionário sociodemográfico e de aspectos ocupacionais elaborado para este estudo incluiu os seguintes aspectos: idade, sexo, peso, altura, tempo de trabalho na empresa, escolaridade. Para abordar os aspectos ocupacionais, foi utilizada uma escala *Likert* de quatro pontos, variando de 'nenhuma frequência' a 'muito frequente', com ajustes conforme as características das perguntas. Também foi incluída uma questão discursiva em que os operadores foram convidados a identificar os aspectos do trabalho que, na opinião deles, estavam associados à dor ou desconforto.

O questionário nórdico padrão, traduzido e adaptado para o Português do Brasil por Pinheiro; Tróccoli; Carvalho (2002) foi usado para identificar distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. Este instrumento avalia a ocorrência de sintomas álgicos relacionados ao trabalho em diversos pontos anatômicos, contendo uma figura humana vista na posição posterior dividida em 9 regiões anatômicas (cervical, ombros, torácica, cotovelos, punhos/mãos, lombar, quadril/coxas, joelhos, tornozelos/pés).

A coleta de dados foi realizada por meio da marcação de um "X" nas respostas "sim" ou "não" para cada pergunta relacionada à ocorrência de dor, formigamento ou dormência, considerando os últimos 12 meses e os 7 dias que antecederam a entrevista. Os participantes relataram qualquer afastamento das atividades no último ano devido a queixas de sintomas musculoesqueléticos. Ressalta-se que o questionário nórdico não é adequado para diagnóstico, mas fornece um mapeamento da dor e do desconforto musculoesquelético relacionados ao trabalho (Pinheiro; Tróccoli; Carvalho, 2002).

3) Avaliação das posturas de trabalho usando a ferramenta REBA.

A análise biomecânica foi utilizada a partir da aplicação da ferramenta REBA (HIGNETT; MCATAMNEY, 2000) disponível no software Ergolândia Software versão 8.0. A REBA fornece uma análise detalhada dos riscos ergonômicos em diversos segmentos corporais, como tronco, pescoço, pernas, carga, braços, antebraços e punhos. Para cada postura observada foi atribuída a pontuação específica, levando em consideração ângulos articulares, duração da exposição e força muscular necessária.

A fim de garantir a compreensão abrangente da aplicação da REBA, as mesmas posturas dos operadores foram avaliadas nas diferentes máquinas. Foram avaliadas as seguintes posturas durante a operação:

Postura do Pescoço, Tronco e Pernas: Posição adotada durante a operação das máquinas.

- Postura na Movimentação de Cargas: Posição adotada ao realizar movimentações de cargas durante a operação de máquinas.
- Postura dos Membros Superiores: Posição do braço, antebraço e punho durante a operação as máquinas
- Postura na Realização da Pega: Posição seguida durante a realização da pega (forma como o trabalhador segura, manuseia ou empunha um objeto durante a execução de uma tarefa).

Com base nessas observações, obteve-se resultados que permitiram classificar o risco em categorias de ação, determinando a necessidade de intervenções ergonômicas.

Análise dos dados

Para descrever o perfil dos operadores, utilizou-se estatística descritiva, abrangendo variáveis como idade, altura, peso e outras informações provenientes dos questionários. Os dados foram organizados e as frequências apresentadas em tabelas e gráficos para melhor interpretação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a observação *in loco*, foi constatado que, ao chegarem à mina, os operadores se dirigiam aos postos de trabalho, onde permaneciam por 4 horas. Nesse período, pausas regulares eram realizadas em conformidade com as características do processo de extração. O deslocamento de ida e volta até a mina durava aproximadamente uma hora por trecho.

As tarefas realizadas pelos operadores no turno de trabalho incluem a inspeção visual dos equipamentos, a solicitação de manutenção quando necessário, a limpeza da cabine dos equipamentos, e comunicação de eventos relacionados às suas atividades via sistema de rádio para registro no sistema corporativo de coleta de dados. Os operadores dedicam aproximadamente 120 minutos diários à operação dos equipamentos. As atividades específicas dos operadores durante o turno de trabalho, assim como a frequência e a duração de cada uma, estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1. Tarefas realizados por operadores de equipamentos pesados frequência e duração

Atividade	Frequência	Duração (minutos)
Inspecionar o equipamento, verificar visualmente os pontos essenciais para seu funcionamento e operação. Quando necessário, solicitar a intervenção da manutenção.	Diária	5
Solicitar e manter sinalizações que delimitam a área de segurança da operação.	Diária	2
Manter limpa a cabine dos equipamentos de trabalho.	Diária	5
Comunicar via rádio os eventos de sua atividade para registro no sistema geral de coleta de dados.	Diária	3
Operar os equipamentos designados de acordo com a orientação da supervisão.	Diária	120

Fonte: Dados obtidos a partir da pesquisa

Os resultados do questionário sobre os aspectos sociodemográficos e ocupacionais, mostraram que a amostra do estudo foi composta exclusivamente por participantes do sexo masculino com idade média de 35,6 anos, observando-se variação entre 25 e 45 anos (Tabela 1). Esse resultado é semelhante aos observados em outros estudos em áreas de mineração subterrânea, que também identificaram trabalhadores em diferentes fases da vida adulta (KUNAR et al., 2010; IJAZ et al., 2020; RODRÍGUEZ-RUIZ et al., 2020).

Tabela 1. Características sociodemográficas e ocupacionais dos participantes

Variável	(n=32), %
Idade (média ± DP)	35,6 ± 6,4
Sexo	
Masculino	32
Peso (kg)	78,9 ± 10,3
Altura (cm)	1,75 ± 0,05
IMC (Kg/m²)	25,84 ± 3,4
Peso adequado (18 - 25 kg/m ²)	11(35%)
Sobrepeso (25 - 29 kg/m ²)	18 (56%)
Obesidade (>30 kg/m ²)	3 (9%)
Escolaridade	
Ensino Fundamental	3 (9%)
Ensino médio	29 (91%)
Tempo de Trabalho na empresa	11,26 ± 5,9
Até 5 anos	5 (16%)
6 a 14 anos	16 (50%)
Acima de 14 anos	11(34%)
Regime de trabalho	
CLT	32 (100%)

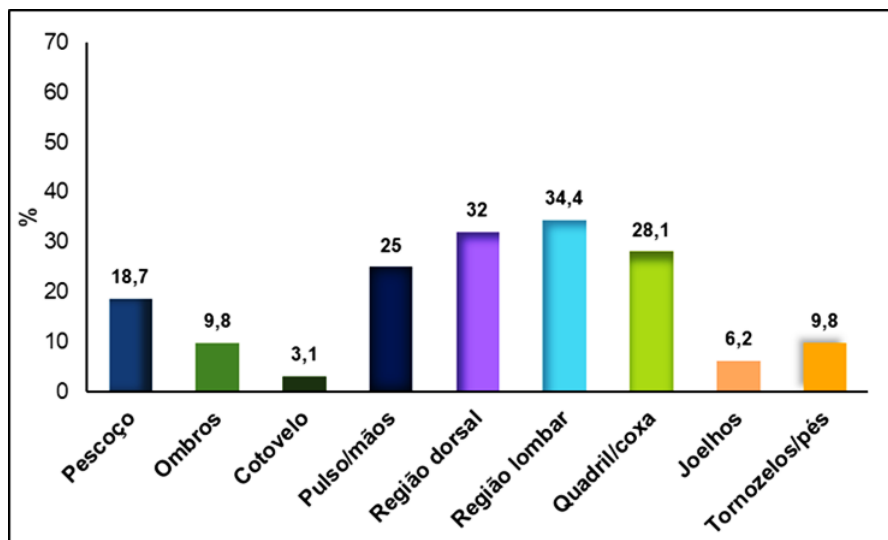
Fonte: Dados obtidos a partir da pesquisa. DP = desvio padrão.

A análise do índice de massa corporal (IMC) dos participantes apresentou o valor médio de 25,84 kg/m², enquadrando-se na categoria de "sobrepeso", de acordo com os padrões estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para adultos (Tabela 2). Além disso, a estratificação do IMC mostrou que 9% dos participantes foram classificados como obesos com IMC superior a 30. Esses dados de IMC merecem atenção, uma vez que o excesso de peso tem sido frequentemente associado ao aumento da incidência de dor lombar em estudos com trabalhadores de mineração subterrânea de carvão (IJAZ et al., 2020; KUMAR et al., 2022).

Em relação à escolaridade dos participantes, a maioria (91%) relatou ter concluído o ensino médio, os demais informaram ter ensino fundamental completo (Tabela 1). A escolaridade limitada pode influenciar a compreensão e a adoção de medidas de segurança no ambiente de trabalho, aumentando a vulnerabilidade a riscos ocupacionais. Nesse sentido, Kunar et al. (2010) identificaram a baixa escolaridade como um fator de risco para o desenvolvimento de lesões ocupacionais entre mineradores de carvão, evidenciando a importância da qualificação educacional na prevenção de acidentes e na promoção da saúde dos trabalhadores.

Os dados sobre os aspectos laborais mostraram que os operadores têm, em média, 11,26 anos de trabalho na empresa, todos contratados sob o regime da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) (Tabela 1). Destaca-se que 34% dos operadores trabalhavam na empresa há quase duas décadas. A presença de operadores experientes é importante para a estabilidade operacional, uma vez que possuem conhecimento dos procedimentos e da cultura organizacional, contribuindo para a segurança e eficiência das operações.

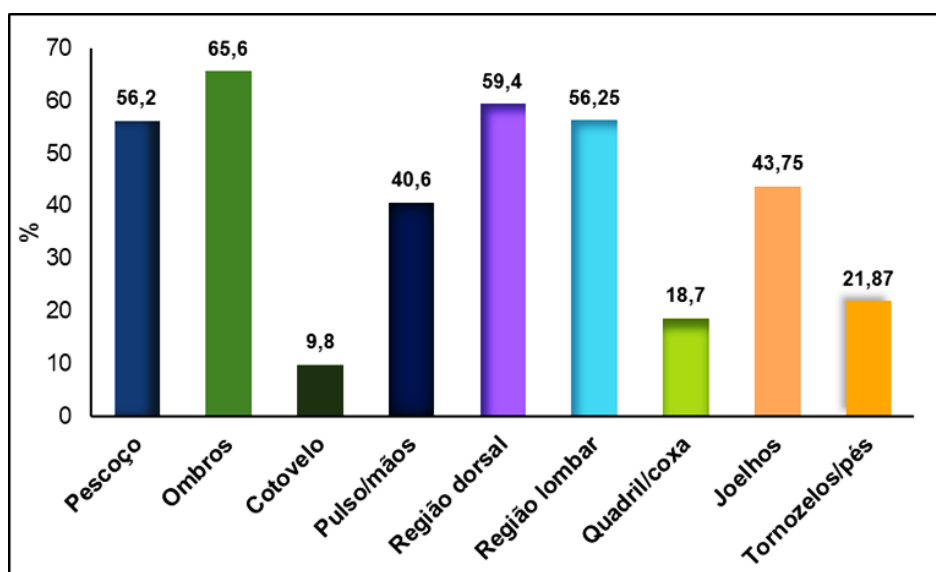
A partir da aplicação do Questionário Nórdico Musculoesquelético (QNM) nesta pesquisa, foi possível evidenciar a frequência de queixas musculoesqueléticas entre os operadores (Figura 1). Nos 7 dias anteriores à aplicação do questionário, 53,1% dos operadores relataram dor ou desconforto independente da região anatômica. Considerando o local da dor, as regiões mais acometidas foram a lombar (34,4%) e a dorsal (32%), refletindo as áreas de maior sobrecarga e esforço físico enfrentadas pelos operadores a curto prazo (Figura 1).



Fonte: Dados obtidos a partir da pesquisa

Figura 1. Frequência de sintomas osteomusculares nos últimos sete dias em operadores de equipamentos pesados na mineração subterrânea.

No período dos últimos 12 meses, a frequência de sintomas atingiu 87,5% dos operadores. A maior incidência de dor foi relatada nos ombros (65,6%), seguida pela região dorsal (59,4%), pelo pescoço e pela região lombar (56,2%). As menores porcentagens foram relatadas no cotovelo (9,8%) e no quadril/coxa (18,7%) (Figura 2). O uso repetitivo de alavancas ou volantes do tipo *joystick* presentes em máquinas pesadas é um fator que pode sobrecarregar os músculos e tendões do ombro, contribuindo para o desenvolvimento de lesões ao longo do tempo. Nesse sentido, é necessário que os controles e alavancas estejam posicionados ao alcance confortável para minimizar os esforços.



Fonte: Dados obtidos a partir da pesquisa

Figura 2. Frequência de sintomas osteomusculares em operadores nos últimos 12 meses

Assim como nesta pesquisa, estudos sobre distúrbios musculoesqueléticos em trabalhadores da mineração subterrânea demonstraram que dores e desconfortos podem afetar diferentes regiões anatômicas. Okello et al. (2020) identificaram que, na República do Congo, as queixas mais frequentes entre mineiros incluem dor na região lombar, quadris ou coxas e ombros. De maneira semelhante, KUNDA et al. (2013) reportam que trabalhadores de minas subterrâneas na Zâmbia frequentemente sofrem lesões na região lombar, bem como nos punhos, nas mãos e no pescoço.

Ijaz et al. (2020) ao avaliar a prevalência de distúrbios musculoesqueléticos, identificaram alta prevalência de dores lombares, especialmente entre os trabalhadores na faixa etária de 26 a 35 anos. Essa condição é amplamente documentada na literatura como um problema recorrente entre trabalhadores de mineração subterrânea (SKANDFER et al., 2014; SOUZA et al., 2015; CUSTODIO et al., 2016). A dor lombar está frequentemente associada ao trabalho realizado com as costas flexionadas e sem suporte adequado para realização das atividades na cabine (KUNDA et al., 2013).

Posturas inadequadas e o consequente risco elevado de distúrbios musculoesqueléticos acarretam impacto direto na saúde dos trabalhadores. Lesões ocupacionais podem levar a sofrimento físico prolongado, limitações funcionais e afastamentos frequentes, comprometendo o bem-estar individual e familiar. Consequentemente, levando à menor eficiência e produtividade, bem como à maior suscetibilidade aos riscos (VERMA; CHAUDHARI, 2017).

Estudos apontaram que os distúrbios musculoesqueléticos figuram entre as principais causas de absenteísmo e presenteísmo no setor de mineração (YONG ET AL., 2020; ROBINSON ET AL., 2023). Desse modo, os custos associados aos distúrbios não se limitam às perdas de produtividade, também incluem o treinamento de substitutos, a redução da eficiência operacional e o aumento da probabilidade de acidentes de trabalho devido à fadiga ou a compensações posturais (BALOGUN; SMITH, 2020). Além disso, o tratamento e reabilitação dos trabalhadores representam uma demanda social significativa, refletindo em custos para a sociedade como um todo.

A aplicação do instrumento REBA destacou os seguintes problemas posturais (Tabela 2): o tronco apresentava flexão superior a 60° com torções ou giros de até 60°, o pescoço encontrava-se flexionado em ângulos de até 20°, também com torções. As pernas estavam em suporte bilateral com postura instável, e os joelhos flexionados a mais de 60°.

A carga/força requerida pelos operadores ultrapassava 10 kg como foi observado durante as visitas. Frequentemente os operadores precisam aplicar força física excessiva

para operar os equipamentos ou realizar tarefas manuais. Esse nível de exigência física pode contribuir para o desgaste muscular e o risco de desenvolver distúrbios musculoesqueléticos, especialmente quando associado a movimentos repetitivos ou posturas inadequadas.

Os braços estavam flexionados em um ângulo superior a 90°, enquanto os ombros se mantêm elevados (Tabela 2). Os antebraços também ficaram flexionados, formando ângulos inferiores a 60°, e os punhos permaneceram flexionados entre 0° e 15°, além de apresentarem torção. A pega foi classificada como regular, sendo considerada possível, mas não ideal. Vale destacar a ocorrência de mudanças posturais significativas durante a realização das atividades.

Tabela 2. Avaliação postural com o método REBA em operadores de equipamentos pesados na mineração subterrânea

Avaliação da Postura	Flexão	Torção ou giro	Pontuação total
Tronco	Flexão: >60° =4	Até >60° =1	4 +1 = 5
Pescoço	Flexão: 0-20° =1	Torção =1	1 +1 =2
Pernas	Bilateral, caminhando ou sentado =1	joelho >60° =2	1 +2 = 3
Escore Tronco, pescoço e pernas (Grupo A)			8
Avaliação da Carga/força		Peso > 10 kg > 22 lb =2	2
Escore Tronco, pescoço e pernas +carga/força (Total Grupo A)			8+2 = 10
Atividade	Pequenas ações repetidas, mais do 4 por minuto		1
Braço	Flexão: >90° = 4	Ombros elevados =1	4 +1
Antebraço/cotovelo	Menores de 60° e maiores de 100° =2		2
Punho	Entre 0 e 15° = 1	Punho desviado ou rodado = 1	1+1 =2
Escore braço, antebraço e punho (Grupo B)			8
Pega ou Agarre	Regular =1		1
Escore braço, antebraço e punho + Pega (Grupo B Total)			8+1 = 9
Pontuação da atividade (Tabela C)			12
Avaliação da atividade	Mudanças posturais importantes		1
Pontuação final da atividade			12+1 = 13
Nível de risco:	>11 = muito alto		Atuação imediata

Fonte: Dados obtidos a partir da pesquisa

A análise das posturas com o instrumento REBA demonstrou que a maioria se encontra em nível de risco muito alto (Tabela 2). Este resultado destaca a necessidade urgente de intervenções ergonômicas para minimizar os riscos associados e prevenir lesões ocupacionais. Os resultados obtidos no presente estudo corroboram os achados de Sakinala et al. (2024), que investigaram a relação entre posturas inadequadas, carga de trabalho e o risco de desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos em trabalhadores de mineração e destacaram a necessidade de intervenção para redução dos riscos.

Rodríguez-Ruiz et al. (2020) demonstraram o valor prático da ferramenta REBA e enfatizaram a importância do seu uso na promoção da cultura de prevenção e como reflexo da responsabilidade organizacional em avaliar e propor intervenções adequadas. No mesmo sentido, Upadhyay et al. (2022), a partir da aplicação da REBA, propuseram diversas medidas para reduzir os riscos enfrentados pelos operadores de *dumper* (veículo de carga), incluindo a adoção de assentos ergonomicamente projetados, incentivo à manutenção de postura correta durante a operação e redução do período de operação dos veículos.

Este estudo apresenta limitações que precisam ser consideradas. O tamanho reduzido da amostra e a participação apenas de indivíduos do sexo masculino podem restringir a aplicabilidade dos resultados. Por fim, a não realização de análises estatísticas inferenciais limita a profundidade das conclusões, mas não compromete a relevância dos achados observados. Esses fatores devem ser levados em consideração na interpretação dos resultados e indicam a necessidade de estudos futuros com amostras maiores, mais heterogêneas e com análises adicionais.

De modo mais particular, no presente estudo, recomenda-se a implantação de um programa com vistas a melhorar a ergonomia no ambiente laboral. Esse programa deve incluir treinamento postural, incentivo à prática de atividades físicas e alongamentos. Outro ponto do programa deve ser a melhoria da ergonomia das máquinas pesadas com ênfase na adoção de assentos ajustáveis em altura e inclinação, equipados com apoio para o pescoço para minimizar a sobrecarga nas regiões lombar e dorsal e de controles. Além disso, o programa deverá abordar a ergonomia dos controles, como alavancas e volantes do tipo *joystick*, ajustando sua posição e altura para reduzir a sobrecarga nos ombros e punhos. A implementação do programa contribuirá para prevenir distúrbios musculoesqueléticos e promover maior bem-estar no ambiente de trabalho.

5. CONCLUSÕES

A maioria dos operadores apresenta dor e desconforto a curto e longo prazo principalmente na região dorsal e lombar ao longo. A prevalência de dor nos ombros entre os operadores nos últimos 12 meses sugere que as posturas que mantêm os braços flexionado e elevação constante dos ombros o que contribui para a sobrecarga muscular nessas áreas. Desse modo destaca-se a necessidade de implementar um programa de treinamento baseados em ergonomia, incluindo treinamento postural focando na manutenção da postura neutra e necessidade de adequação ergonômica dos equipamentos de modo a minimizar os riscos ergonômicos geradores de desconfortos físicos que interferem na qualidade de vida do profissional.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas. Coordenação técnica de Karina Andrade Medeiros. Brasília: ANM, 2023. 23 p.; il.

BALOGUN, Abdulrazak O.; SMITH, Todd D. Musculoskeletal symptoms among stone, sand and gravel mine workers and associations with sociodemographic and job-related factors. **International journal of environmental research and public health**, v. 17, n. 10, p. 3512, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph17103512>

CUSTODIO, Benette P.; MATIAS, Aura C.; SORIANO, Virginia J. Work-related musculoskeletal symptoms among small scale gold miners and extraction workers in the Philippines. In: **Advances in Safety Management and Human Factors: Proceedings of the AHFE 2016 International Conference on Safety Management and Human Factors, July 27-31, 2016, Walt Disney World®, Florida, USA**. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 495-501.

EGER, Tammy et al. Vibration induced white-feet: overview and field study of vibration exposure and reported symptoms in workers. **Work**, v. 47, n. 1, p. 101-110, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3233/WOR-131692>.

HIGNETT, Sue; MCATAMNEY, Lynn. Rapid entire body assessment (REBA). **Applied ergonomics**, v. 31, n. 2, p. 201-205, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3).

IJAZ, Madiha et al. Risk factors associated with the prevalence of upper and lower back pain in male underground coal miners in punjab, pakistan. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 11, p. 4102, 2020.. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph17114102>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. IBRAM (2024). Mineração em números 2024 Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2025/02/Mineracao-em-Numeros-2024.pdf>.

KUMAR, Vivekanand et al. Whole-body vibration exposure vis-à-vis musculoskeletal health risk of dumper operators compared to a control group in coal mines. **Safety and Health at Work**, v. 13, n. 1, p. 73-77, 2022.. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2021.10.007>.

KUNAR, B. M.; BHATTACHERJEE, A.; CHAU, N. A matched case-control study of occupational injury in underground coalmine workers. **Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 110, n. 1, p. 1-9, 2010.

KUNDA, Richard; FRANTZ, Josè; KARACHI, Farhana. Prevalence and ergonomic risk factors of work-related musculoskeletal injuries amongst underground mine workers in Zambia. **Journal of occupational health**, v. 55, n. 3, p. 211-217, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1539/joh.11-0175-fs>.

LIMA, J. M. G. de. Produto 12, Minério de Cromo. Relatório Técnico 21 - Perfil da Mineração de Cromo. Ministério de Minas e Energia e Banco Mundial, ago. 2009. Disponível em: http://www.mme.gov.br/sgm/galerias/arquivos/plano_duo_decenal/a_mineracao_brasileira/P12_RT21_Perfil_da_Mineraçao_de_Cromo.pdf.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. Atlas, 2003.

OKELLO, Alfred et al. Prevalence and predictors of work-related musculoskeletal disorders among workers of a gold mine in south Kivu, Democratic Republic of Congo. **BMC musculoskeletal disorders**, v. 21, n. 1, p. 797, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03828-8>.

PINHEIRO, Fernanda Amaral; TRÓCCOLI, Bartholomeu Torres; CARVALHO, Cláudio Viveiros de. Validação do Questionário Nórdico de Sintomas Osteomusculares como medida de morbidade. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, p. 307-312, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102002000300008>.

RABIEI, Hadiseh et al. The prevalence of musculoskeletal disorders among miners around the world: a systematic review and meta-analysis. **Iranian journal of public health**, v. 50, n. 4, p. 676, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.18502/ijph.v50i4.5992>.

ROBINSON, Tashina et al. Health conditions among male workers in mining and other industries reliant on manual labor occupations: National Health Interview Survey, 2007–2018. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 66, n. 8, p. 692-704, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ajim.23483>.

RODRÍGUEZ-RUIZ, Yordán; PÉREZ-MERGAREJO, Elizabeth; BARRANTES-PASTOR, Walter Alejandro. Procedure for Preventing Musculoskeletal Disorders: Application to Underground Mining Works. **Duazary. Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud**, v. 17, n. 3, 2020. Disponível em: <https://10.21676/2389783X.3322>

SAKINALA, Vikram; PAUL, P. S.; FISSHA, Yewuhalashet. Promoting safety of underground machinery operators through participatory ergonomics and fuzzy model analysis to foster sustainable mining practices. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, 2024, p. 16319. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-67375-1>

SHARMA, Gourab Dhara; DEY, Shibaji; DEY, N. C. Rationalising postural demand of side discharge loading machine operators with respect to musculoskeletal pain and discomfort in underground coal mines in India. **International Journal of Human Factors and Ergonomics**, v. 4, n. 1, p. 60-72, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1504/IJHFE.2016.076573>.

SKANDFER, Morten et al. Low back pain among mineworkers in relation to driving, cold environment and ergonomics. **Ergonomics**, v. 57, n. 10, p. 1541-1548, 2014.. Disponível: <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.904005>

SOUZA, M. N. A. et al. Musculoskeletal disorders in informal mining workers. **International Archives of Medicine**, Section: Epidemiology, v. 8, n. 183, 2015, p. 1-8. Disponível em : <http://dx.doi.org/10.3823/1782>.

UPADHYAY, Rahul et al. Association between Whole-Body Vibration exposure and musculoskeletal disorders among dumper operators: A case-control study in Indian iron ore mines. **Work**, v. 71, n. 1, p. 235-247, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3233/wor-205140>.

VERMA, Shikha; CHAUDHARI, Sharad. Safety of workers in Indian mines: study, analysis, and prediction. **Safety and health at work**, v. 8, n. 3, p. 267-275, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2017.01.001>

VAZ, Gabriella Lorrany Rodrigues et al. Análise dos acidentes de trabalho no setor de mineração brasileiro. **Revista Cereus**, v. 15, n. 4, p. 226-237, 2023. Disponível em: <https://www.ojs.unirg.edu.br/index.php/1/article/view/4434>.

YONG, Xianting et al. A Cross-Sectional Epidemiological Survey of Work-Related Musculoskeletal Disorders and Analysis of Its Influencing Factors among Coal Mine Workers in Xinjiang. **BioMed research international**, v. 2020, n. 1, p. 3164056, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2020/3164056>