



GERENCIAMENTO DE RISCOS OCUPACIONAIS UTILIZANDO INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PROCESSO EXECUTIVO DE REVESTIMENTO ASFÁLTICO EM VIAS URBANAS

Jéssica Wanderley Souza do Nascimento

Universidade Federal do Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

E-mail: jessica.souza@ufrj.br

Allefy Teles Sampaio

Universidade de Pernambuco – Pernambuco

E-mail: telesallefy@gmail.com

Ana Dayse Costa da Silva

Instituto Federal de Alagoas – Alagoas

E-mail: costaanadayse@gmail.com

Tallita de Matos da Rocha

Universidade Federal do Oeste da Bahia – Bahia

E-mail: tallita-matos@hotmail.com

Ernaliany Estrela Gabriel

Centro Universitário Santa Maria – Paraíba

E-mail: ernalianygabriel@gmail.com

Sabiana Gilsane Mühlen dos Santos

Universidade Federal de Santa Maria – Rio Grande do Sul

E-mail: sabiana.muhlen@acad.ufsm.br

Hugo Leonardo Menezes de Sales

Centro Universitário do Norte – Amazonas

E-mail: telesallefy@gmail.com

Mariana Ferreira Umbelino

Universidade Paulista – São Paulo

E-mail: mariana.umbelino@hotmail.com

RESUMO

Este estudo tem como objetivo utilizar o método de Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO) para mapear as ocorrências perigosas, as causas e as consequências dos riscos aos quais os trabalhadores estão expostos durante a execução do revestimento asfáltico em vias urbanas e, assim, recomendar medidas de controle adequadas para o estudo de caso investigado. A inteligência artificial foi aplicada com o uso de um drone para uma verificação analítica mais minuciosa das condições de trabalho, visando o bem-estar e a proteção da vida dos trabalhadores. Os resultados apontam uma maior incidência de agentes físicos, principalmente na função de operador de vibroacabadora, com 64%. Dessa forma, é necessário introduzir uma política de prevenção de acidentes, treinando os trabalhadores para reconhecer situações potencialmente perigosas antes que ocorram acidentes ou quase acidentes, e manter registros de ambos. Outra medida importante é verificar as condições dos



Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e implementar fichas de controle para esses equipamentos. O risco de atropelamento foi observado em todas as funções, sendo importante a existência de sinalização adequada para os colaboradores na pista, na obra e sobre a velocidade máxima permitida nesses trechos.

Palavras-chave: Segurança ocupacional. Vias urbanas. Estações de trabalho. Inteligência artificial.



1 INTRODUÇÃO

A segurança ocupacional é de grande relevância no setor da construção civil, especialmente em obras rodoviárias, devido às condições de tráfego na via, sendo um ponto de acesso recorrente entre os veículos em alta velocidade e o maquinário necessário para a realização dos serviços de manutenção do pavimento asfáltico, bem como os trabalhadores que executam o sistema no trecho (Nascimento, 2023; Nascimento *et al.*, 2023).

Esse cenário, aliado à constante exposição a situações de risco decorrentes da ausência ou precariedade de práticas corretivas e preventivas, torna o espaço propício ao surgimento de inúmeras ocorrências perigosas, sejam elas temporais, posturais ou ambientais (Zwirtes *et al.*, 2022a; Nascimento *et al.*, 2024a, 2025). Dessa forma, essas variáveis podem influenciar diretamente a saúde física, cognitiva e organizacional dos trabalhadores, além de afetar negativamente seu bem-estar e comprometimento com o aparecimento da fadiga e causar danos à prestação de serviços e à incidência de um elevado número de acidentes (Souza-Nascimento, Santos, & Sampaio, 2021; Zwirtes *et al.*, 2022b).

Em virtude disso, em qualquer ramo de atuação, é fundamental identificar os riscos aos quais os trabalhadores estão expostos por meio da análise de probabilidade e consequência, que pode ser aplicada utilizando diversas técnicas específicas para cada situação e complementada por outras para obter maior eficiência e, assim, determinar as intervenções adequadas sob o enfoque da saúde e segurança ocupacional para reduzir ou até mesmo minimizar os danos associados principalmente à execução dos serviços rodoviários (Nascimento *et al.*, 2021, 2024b).

Uma das técnicas mais utilizadas nesse tipo de setor é a denominada Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO), cuja premissa é identificar e analisar riscos, causas e consequências, tal como estabelecer parâmetros básicos e medidas de controle, com o intuito de proporcionar o máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente. Em geral, a técnica é realizada nas etapas preliminares do projeto, mas pode ser aplicada em unidades já em operação, permitindo uma revisão dos aspectos de segurança existentes (Nascimento *et al.*, 2023; Zwirtes *et al.*, 2022a).

Muito se tem discutido sobre a importância do uso da inteligência artificial, uma vez que é uma área da computação que busca conduzir tarefas complexas sem a intervenção humana, o que exige que ela seja capaz de perceber e raciocinar, por exemplo. E, como essas são capacidades inerentemente humanas, o uso dessa métrica em relação à segurança ocupacional na manutenção de vias urbanas continua sendo um desafio no cenário atual (Santos *et al.*, 2022; Zwirtes *et al.*, 2022b).



Visando esclarecer tal situação, este estudo tem como objetivo utilizar o método de Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO) para mapear as ocorrências perigosas, as causas e as consequências dos riscos aos quais os trabalhadores estão expostos durante a execução do revestimento asfáltico em vias urbanas e recomendar as medidas de controle pertinentes, entre outros aspectos, aplicando a técnica de inteligência artificial com o uso de um drone para uma verificação analítica mais minuciosa das condições de trabalho em cada posto, visando o bem-estar e a proteção da vida dos trabalhadores.

2 METODOLOGIA

Sabe-se, sobretudo, que as doenças e os acidentes relacionados ao trabalho são frequentes nas organizações, e a utilização de novas tecnologias, como a inteligência artificial fazendo uso de drones, por exemplo, e novos métodos de Gerenciamento de Riscos Ocupacionais nos processos executivos contribuem para modificar o perfil de saúde, desconforto e adoecimento dos colaboradores.

Diante desses fatos, aplicando a inteligência artificial com um drone, foi realizado um inventário que consistiu no monitoramento das atividades exercidas pelos trabalhadores de uma corporação privada do ramo de pavimentação asfáltica contratada para efetuar a manutenção de vias urbanas na cidade de Curitiba no Paraná, região sul do Brasil, no trecho crítico de pista simples Classe IV-A, onde foi removido o asfalto danificado e realizado todo o processo de formação de camadas da nova capa asfáltica. Além disso, os trabalhadores eram do sexo masculino, com idade média de 33 anos e trabalhavam 8 horas por dia, revezando-se nas tarefas, pois cada equipe trabalhava em uma etapa do trecho com funções específicas para a execução das camadas, com exceção dos serventes.

Por fim, os dados foram processados por meio de uma análise qualitativa com abordagem quantitativa, com a finalidade de analisar quais os tipos de riscos ocupacionais resultam da falta de gerenciamento no processo de execução das obras rodoviárias (Tabela 1).

Tabela 1. Matriz de classificação dos riscos.

Grupo	Riscos	Cor de identificação	Descrições
1	Físicos	Verde	Ruídos, vibrações e etc.
2	Químicos	Vermelho	Poeiras, gases e etc.
3	Biológicos	Marrom	Vírus, bactérias e etc.
4	Ergonômicos	Amarelo	Esforço físico intenso e etc.
5	Acidentes	Azul	Incêndio, explosão e etc.

Fonte: Autores (2025).

Para a elaboração deste documento, foram feitas buscas de modelos de artigos completos. Em seguida, alguns pesquisadores debateram sobre a criação de um modelo. (Descrever, de forma objetiva,



sobre como o trabalho foi realizado).

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O levantamento "*in loco*" constatou que as atividades eram exercidas pelos trabalhadores no trecho rodoviário nas respectivas funções: operador de rolo compactador (1 colaborador), auxiliar de rolo compactador (2 colaboradores), operador de vibroacabadora (1 colaborador) e serventes (10 colaboradores).

Os riscos ocupacionais obtidos em cada função foram organizados em gráficos que indicam os agentes causadores, os meios de propagação, o tempo de exposição, as consequências, a frequência de ocorrência, os equipamentos de proteção individual e as medidas necessárias para reduzir os riscos e melhorar as condições de trabalho em cada posto.

3.1 OPERADOR DE ROLO COMPACTADOR PNEUMÁTICO

O operador de rolo pneumático é responsável pela compactação dos materiais utilizados no subleito, sub-base, base e agregados aplicados na camada asfáltica. O ambiente de trabalho dessa função é a cabine do equipamento, composta por um assento, direção e alavanca e, dependendo do equipamento, uma cobertura. O equipamento produz 87,7 dB, expondo o trabalhador a riscos físicos, por exemplo.

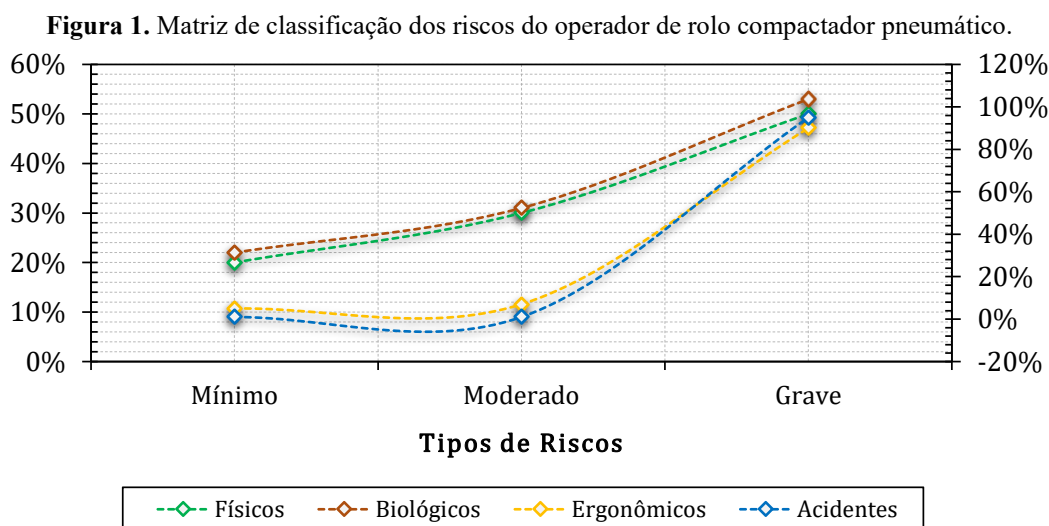
Durante o monitoramento, observou-se que a atividade envolve diversos riscos na função de operador de rolo compactador pneumático, os quais foram identificados e classificados como riscos físicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes. Aplicando a técnica de GRO, foi possível identificar a determinação da categoria de risco para cada um desses perigos e as recomendações indicadas para cada grupo. Entre eles está o risco de vibração (físico) geralmente causado pelo desbalanceamento da máquina. As vibrações geradas por essas máquinas são de baixa amplitude e o nível de pressão sonora, em muitos casos, pode ser suficiente para que as vibrações geradas pela presença de defeitos não sejam identificadas, exigindo manutenção preventiva e, se necessário, corretiva.

O alto nível de decibéis emitido pelo equipamento fez com que o nível de pressão sonora fosse classificado como de alto risco, pois pode causar, com o tempo, surdez ao operador. Ainda assim, a vibração causada pelo equipamento atinge completamente o corpo do operador, podendo causar problemas na coluna vertebral, sendo um risco alto.

Quanto aos riscos físicos e biológicos, de acordo com a matriz de classificação de risco (Figura 1), 20% foram classificados na categoria de risco (2) – Mínimo; 30% na categoria de risco (3) –



Moderado; e 50% na categoria de risco (4) – Grave. Em contrapartida, os riscos ergonômicos e de acidentes, foram classificados na categoria (4) – Grave.



Fonte: Autores (2025).

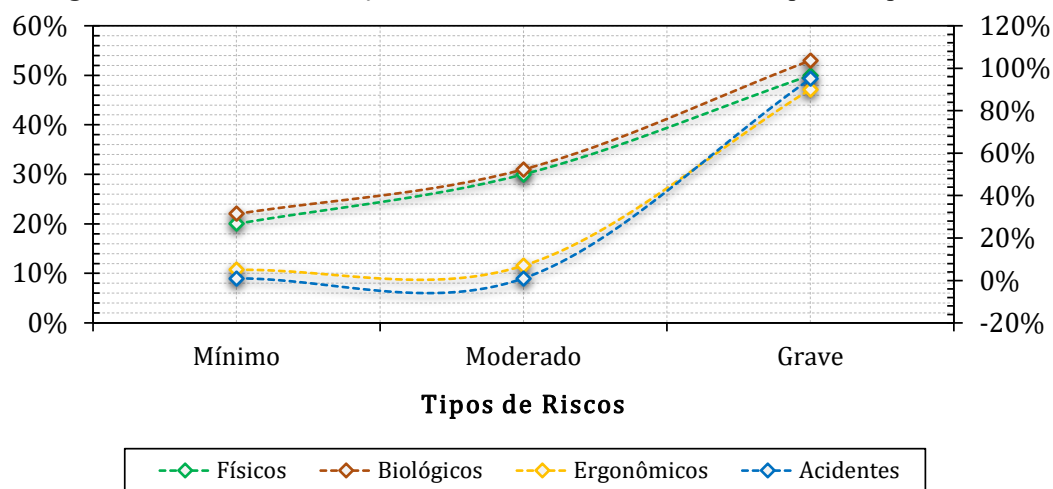
3.2 ASSISTENTE DE ROLO COMPACTADOR PNEUMÁTICO

A função do auxiliar é manter os pneus limpos, pois a massa asfáltica tende a aderir à borracha do pneu, diminuindo sua eficiência de compactação e podendo danificá-lo se não for removida enquanto estiver quente. Além disso, o auxiliar trabalha na aplicação de óleo vegetal com a bomba costal durante a operação do rolo. Ao aplicar a técnica de GRO à função de assistente de rolo compactador pneumático, as categorias acima de 3 (três) se destacam, o que significa que há necessidade de intervenção e aplicação de medidas preventivas.

Em conformidade com a matriz de classificação de risco, os riscos físicos e biológicos (Figura 2), 20% foram classificados na categoria de risco (2) – Mínimo; 30% na categoria de risco (3) – Moderado; e 50% na categoria de risco (4) – Grave. Por outro lado, os riscos ergonômicos e de acidentes, foram classificados na categoria (4) – Grave.



Figura 2. Matriz de classificação dos riscos do assistente de rolo compactador pneumático.

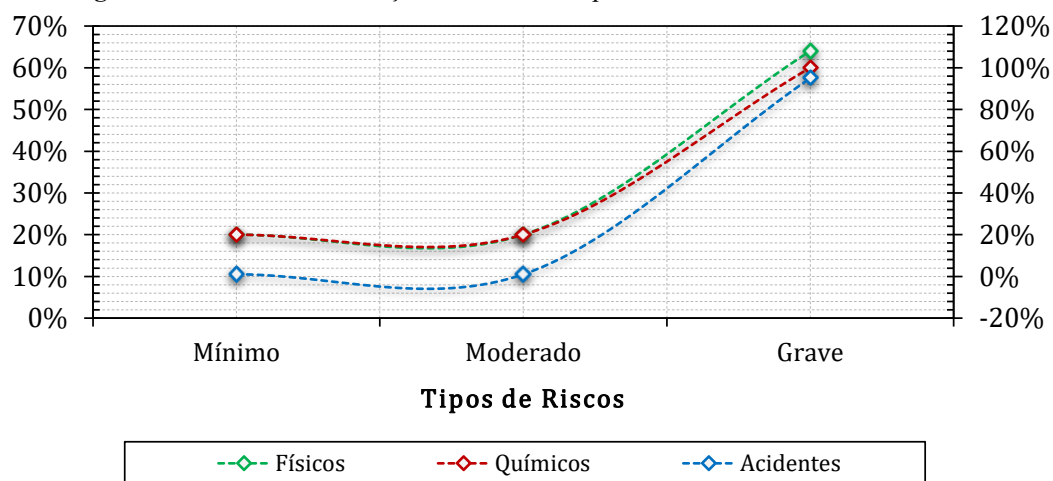


Fonte: Autores (2025).

3.3 OPERADOR DE VIBROACABADORA DE ASFALTO

A mesa da vibroacabadora tem a função de receber a carga de massa asfáltica do caminhão de abastecimento e espalhar o material por meio da mesa vibratória, produzindo uma superfície lisa e homogênea. O operador tem a função de manter as chamas acesas para garantir a temperatura ideal para a aplicação da massa asfáltica.

Figura 3. Matriz de classificação dos riscos do operador de vibroacabadora de asfalto.



Fonte: Autores (2025).

Entre os riscos levantados, o nível de pressão sonora produzido pela máquina é de 84,7 dB, valor informado pelo fabricante. Esse equipamento em particular tem o risco de esmagamento devido à presença de peças móveis e rotativas que podem atingir o trabalhador se não estiverem protegidas.

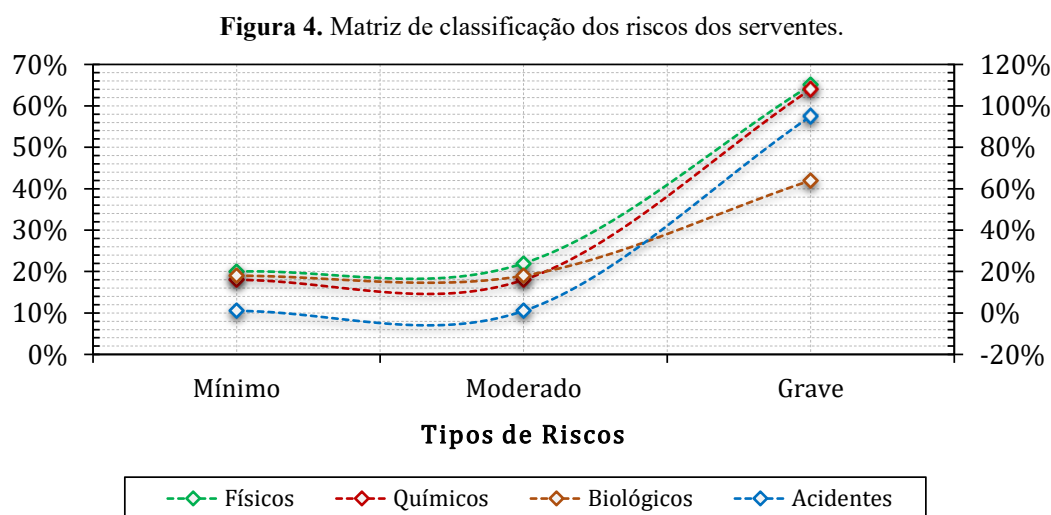


Quanto aos riscos físicos e químicos, segundo a matriz de classificação de risco (Figura 3), 20% foram classificados na categoria de risco (2) – Mínimo; 20% na categoria de risco (3) – Moderado; e 60% na categoria de risco (4) – Grave. Entretanto, com relação ao risco de acidentes, foram classificados na categoria (4) – Grave.

3.4 SERVENTES

A função do servente é de extrema importância durante a execução da obra de recapeamento asfáltico, pois qualquer interferência indesejável pode causar problemas que tornam o processo mais demorado e trabalhoso. Para a elaboração da análise, foi observado durante o monitoramento "in loco" em quais situações e momentos esse serviço foi necessário.

Grande parte desse trabalho é feito manualmente e, por ser uma atividade a céu aberto, há diversos riscos aos quais os trabalhadores estão expostos. Assim, os cuidados com sua saúde e segurança devem ser cuidadosamente observados, a fim de evitar danos à saúde e à segurança. A análise dos riscos físicos, químicos, biológicos e de acidentes é apresentada na Figura 4.



Fonte: Autores (2025).

Conforme a matriz de classificação de risco, quanto aos riscos físicos, químicos e biológicos, 18% foram classificados na categoria de risco (2) – Mínimo; 18% na categoria de risco (3) – Moderado; e 64% na categoria de risco (4) – Grave. O risco de acidentes, por outro lado, foi classificado na categoria (4) – Grave.

Portanto, referente aos riscos físicos e biológicos, levando em conta as quatro estações de trabalho analisadas, 55% foram classificados como riscos de categoria (4); 26% na categoria (3); e



apenas 19% na categoria (2). Os riscos ergonômicos resultaram em 100% na categoria (4). No que diz respeito aos riscos de acidentes, ao considerar todas as atividades analisadas, 100% apresentaram categoria (4). Os riscos enquadrados na categoria (4) requerem cuidados imediatos, a fim de neutralizá-los ou reduzir as chances de ocorrência desses fatores. Aqueles classificados como categoria (3) devem ser observados e neutralizados com a implementação das medidas corretivas e/ou preventivas recomendadas. A categoria de risco (2), não requer a adoção de medidas intensivas, porém, para garantir a saúde e a segurança dos trabalhadores, devem ser seguidas as recomendações apresentadas para cada atividade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, então, que as obras rodoviárias são de suma importância para o desenvolvimento da economia brasileira. No entanto, vários fatores fazem com que o setor ainda apresente um alto número de acidentes de trabalho. A falta de instrução dos trabalhadores é um dos fatores que levam a esse alto índice de acidentes. Desse modo, a implementação de técnicas que estabeleçam medidas de segurança é de grande relevância para mudar esse cenário. Em muitos casos, as medidas que levam à neutralização/eliminação desses riscos ou à minimização de suas consequências são de simples solução.

Diante do exposto, observou-se que o Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO), aplicando a técnica de inteligência artificial com o uso de um drone, é uma ferramenta de fácil implementação e de custo relativamente baixo que, quando aplicada corretamente, permite uma visão geral dos perigos envolvidos em determinadas atividades, possibilitando a identificação dos riscos de maior impacto na saúde e na segurança dos trabalhadores. Essa metodologia se apresenta como uma alternativa viável no gerenciamento de riscos das atividades na execução e ampliação de rodovias.

Dentre os processos analisados na etapa de recapeamento asfáltico, o grau de risco mais recorrente foi o (4) – Grave, presente em 62% dos perigos encontrados, seguido do (3) – Moderado, presente em 22% dos perigos. O nível de risco (2) – Mínimo, estava presente em 16% dos perigos identificados. Nesse contexto, pode-se observar a importância de um controle eficaz das atividades relacionadas à saúde e à segurança dos trabalhadores do setor.

Além disso, foi notável que o desenvolvimento prévio da análise permite que, nos próximos empreendimentos, ocorra um maior planejamento das atividades, processos e etapas de risco, uma padronização das tarefas e atribuições de responsabilidades e um sistema de identificação e controle das não conformidades.



Por fim, para uma efetiva utilização dos resultados desta pesquisa, a empresa que executa esse tipo de obra de infraestrutura deve ir além do conteúdo da legislação vigente, buscando melhores condições de saúde e segurança para seus trabalhadores e, assim, melhorar seus resultados.



REFERÊNCIAS

NASCIMENTO, J. W. S. Estudo entre escalas de ligantes e misturas: investigação do comportamento viscoelástico linear e parâmetros de dano dos materiais asfálticos. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34411.11047>.

NASCIMENTO, J. W. S. do et al. Functional evaluation of pathologies in flexible pavement. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 6, n. 1, p. 110-129, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/civil-engineering/flexible-pavement>.

NASCIMENTO, J. W. S. do et al. The role of occupational safety in road works: implementation of preliminary risk analysis in the execution of asphalt resurfacing. Research, Society and Development, v. 12, n. 11, e129121143778, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i11.43778>.

NASCIMENTO, J. W. S. do et al. Simulação computacional de luz natural em diferentes zonas bioclimáticas brasileiras. Brazilian Journal of Production Engineering, v. 10, n. 1, p. 53-63, 2024a. Disponível em: <https://doi.org/10.47456/bjpe.v10i1.42974>.

NASCIMENTO, J. W. S. do et al. Determinação da temperatura em diferentes tipos de superfície do revestimento. In: Anais da 5ª Semana Científica do Agreste Pernambucano, Recife, 2024b. p. 3265-3269.

NASCIMENTO, J. W. S. do et al. The impact of temperature variation factors on the surfaces of different types of coatings. In: Anais do 8º Simpósio sobre Sistemas Sustentáveis, Porto Alegre, 2025. p. 1-6.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-1: Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais. Brasília: MTE, 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-6: Equipamentos de Proteção Individual – EPI. Brasília: MTE, 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-9: Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos. Brasília: MTE, 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-16: Atividades e Operações Perigosas. Brasília: MTE, 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-17: Ergonomia. Brasília: MTE, 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-18: Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção. Brasília: MTE, 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-20: Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis. Brasília: MTE, 2022.



SANTOS, J. L. et al. Asphalt resurfacing: analysis in a critical segment in the city of Manaus. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 5, p. 10580-10595, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n5-5400>.

SOUZA-NASCIMENTO, J. W.; SANTOS, S. G. M.; SAMPAIO, A. T. Variação dos riscos ergonômicos no ambiente de trabalho em um canteiro de obras. In: Anais do 23º Congresso Nacional de Engenharia de Segurança do Trabalho, Londrina, 2021. p. 138-141.

ZWIRTES, G. L. et al. Análise preliminar de risco e análise ergonômica do trabalho em laboratório de anatomia animal. In: Anais do XXVIII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica, Santa Maria, 2022a. p. 1-8.

ZWIRTES, G. L. et al. Práticas de aprendizagem em ergonomia e segurança do trabalho – AET e APR em laboratório de anatomia animal. In: Anais da Semana Internacional das Engenharias e Economia da FAHOR, Horizontina, 2022b. p. 1-13. Disponível em: <https://doi.org/10.29327/170181.2022-8>.