

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

NATALY SCOLA URIBE

**ESTUDO DO FILLER DE BASALTO COMO RESÍDUO E SEU EFEITO NA SAÚDE
DOS TRABALHADORES DE UMA PEDREIRA**

LONDRINA

2022

NATALY SCOLA URIBE

**ESTUDO DO FILLER DE BASALTO COMO RESÍDUO E SEU EFEITO NA SAÚDE
DOS TRABALHADORES DE UMA PEDREIRA**

Study of basalt filler as waste and its effect on the health of workers in a quarry

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientadora: Profª Drª Sueli Tavares de Melo Souza.

Coorientador: Profº Edipo Henrique da Silva.

LONDRINA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

NATALY SCOLA URIBE

**ESTUDO DO FILLER DE BASALTO COMO RESÍDUO E SEU EFEITO NA SAÚDE
DOS TRABALHADORES DE UMA PEDREIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 08/dezembro/2022

Sueli Tavares de Melo Souza
Engenheira Civil e Engenheira de Segurança do Trabalho, Mestra e Doutora em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina

Tatiane Cristina Dal Bosco
Tecnóloga Ambiental - Resíduos Industriais, Mestra e Doutora em Engenharia Agrícola
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina

Joseane Debora Peruço Theodoro
Engenheira Química, Engenheira de Segurança do Trabalho e Matemática, Mestra e Doutora em
Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina

LONDRINA

2022

Dedico este trabalho à minha família, pelos momentos de ausência e por sempre me apoiarem e acreditarem em meus sonhos. Dedico também ao meu grande amigo Newmar Vernilo, de onde estiver sei que está comemorando mais esta etapa comigo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família: minha mãe Filomena Cristina Scola Uribe e meu pai Rogério Uribe Visiedo que sempre colocaram a educação dos filhos em primeiro lugar. Eles nos deram amor e apoio incondicional para que nossos sonhos pudessem ser realizados e para que nos tornássemos, antes de qualquer coisa, seres humanos íntegros e justos. Ao meu irmão Gustavo Scola Uribe, que sempre me mostrou que de nada vale o conhecimento se não for compartilhado e acessível para toda a sociedade. Vocês são os pilares de todas as minhas conquistas.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná por ofertar educação gratuita, de qualidade e para todos. Eu agradeço a todos os professores que fizeram parte desta jornada, pela profissão inspiradora, paciência e oportunidade de receber ensinamentos essenciais para que me tornasse a profissional que sou hoje.

Em especial à Prof^a. Dr^a. Tatiane Cristina Dal Bosco e à Prof^a. Dr^a. Joseane Debora Peruço Theodoro, que aceitaram fazer parte da banca examinadora do meu trabalho. Foi um grande privilégio aprender e me inspirar um pouco mais em cada uma de vocês além das salas de aula.

Não teria como não agradecer à minha orientadora, Prof^a Dr^a Sueli Tavares de Melo Souza, por se dedicar e ensinar para muito além da profissão e por ter despertado em mim o interesse e entusiasmo em áreas que nunca havia imaginado trabalhar. Foi um enorme prazer e orgulho ser guiada por essa grande profissional, uma mulher forte e inspiradora. E também ao meu coorientador Prof^o Edipo Henrique da Silva e à ASST Engenharia & Desenvolvimento, pela paciência, dedicação e ensinamentos compartilhados comigo durante o estudo.

Por último, e não menos importante, aos meus amigos. Aos de São Paulo por entenderem a ausência em momentos importantes e seguirem segurando a minha mão mesmo que à distância. E aos amigos que fiz durante essa caminhada em Londrina: vocês se tornaram família quando a de sangue não pode estar aqui de corpo presente. Sem o ombro pra chorar ou as risadas em momentos de descontração eu certamente não teria tido êxito nesta caminhada. Vocês também são parte dessa conquista.

“Educação não transforma o mundo. Educação
muda as pessoas. Pessoas transformam o
mundo.”
(FREIRE, 1979).

RESUMO

O consumo de agregados per capita é um indicador para medir a qualidade de vida da população, assim como seu desenvolvimento econômico e social, já que está diretamente relacionado com a construção civil. Um dos agregados mais consumidos no Brasil e no mundo é a pedra britada, que, ao ser produzida gera uma quantidade considerável de material particulado no ar. No caso da rocha basáltica, esse material particulado contém sílica, componente que traz sérios riscos ao meio ambiente e à saúde do trabalhador exposto caso as medidas de controle não sejam efetivas, transformando o trabalho em uma pedreira de lavra de brita em uma atividade insalubre. O objetivo deste trabalho foi coletar amostras de poeira respirável e sílica livre cristalina em trabalhadores de diversos setores de uma pedreira conforme preconiza a Norma de Higiene Ocupacional nº 08 (NHO 08), bem como comparar os resultados com os limites de tolerância estabelecidos pela Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15), que é um limite com necessidade de aplicação de fórmula para cada amostra, e pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), que é um valor fixado em 0,025 mg/m³ para poeiras com detecção de sílica e em 3,00 mg/m³ no caso de poeiras respiráveis sem detecção de sílica. Nas visitas *in loco* observou-se que o material particulado está presente em todo o processo, porém notou-se a ausência do uso de máscaras respiratórias. Os resultados obtidos demonstram que o setor de produção e britagem apresenta maior concentração de sílica dentre os setores analisados. Porém o único cargo que excedeu os limites de tolerância tanto da NR 15, quanto da ACGIH, foi o Oficial de controle de britagem, que apresentou valor de 0,0563 mg/m³ para sílica livre cristalizada (já que o limite de tolerância é 0,025 mg/m³) e 6,183 mg/m³ para poeira respirável (que na ACGIH, o limite é de 3,0 mg/m³), superando também o valor encontrado de limite de tolerância calculado para NR 15, que teve por valor 2,748 mg/m³. Foram sugeridas diversas medidas de controle e prevenção da poeira, com ênfase na pulverização de água em todo o processo. Quanto à disposição inadequada do resíduo, foi sugerida a comercialização do filler para técnicas de rochagem ou como matéria-prima na indústria.

Palavras-chave: insalubridade; material particulado; pedreira; resíduo; sílica.

ABSTRACT

The per capita aggregate consumption is an indicator to measure the population's quality of life, as well as its economic and social development, since it is directly related to civil construction. One of the most consumed aggregate worldwide is the crushed stone. It scatters a considerable amount of particulates matter in the air. In the case of basaltic rock, its particulates contain silica, a component that poses serious risks to the environment and to the health of the exposed worker if the control measures are not effective. It turns the work into a gravel mining quarry an unhealthy activity. The objective of this academic work was to collect samples of breathable dust and free crystalline silica from workers in different sectors of a quarry, as recommended by the Norma de Higiene Ocupacional nº 08 (NHO 08), as well to compare the results with the tolerance limits established by the Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15), which is a limit with the need to apply a formula for each sample, and by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), which is a fixed value of 0.025 mg/m³ for dust with silica detection and 3.00 mg/m³ for respirable dust without silica detection. In on-site visits, it was observed that particulate matter was present throughout the process, but the absence of the use of respiratory masks was noted. The results show that the production and crushing sector has the highest concentration of silica among the analyzed sectors. However, the only position that exceed the tolerance limits of both NR 15 and ACGIH was the crushing control officer, which presented a value of 0.0563 mg/m³ for free crystallized silica (since the tolerance limit is 0.025 mg/m³) and 6.183 mg/m³ for respirable dust (which in ACGIH, the limit is 3.0 mg/m³), also surpassing the value found for the tolerance limit calculated for NR 15, which had a value of 2.748 mg/m³. Some dust control and prevention measures were suggested, with emphasis on spraying water throughout the process. As for the inadequate disposal of the residue, it was suggested to commercialize the filler for uses in agriculture or as raw material in the industry.

Keywords: particulate matter; quarry; residue; silica; unhealthy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma esquemático para obtenção de agregados a partir de rocha basáltica	18
Figura 2 - Faturamento do setor mineral no Brasil	23
Figura 3 - Componentes de origem mineral presentes em uma casa	25
Figura 4 - Efeitos da sílica no pulmão	28
Figura 5 - Brita ½ (Varia de 4,8 mm a 9,5 mm)	38
Figura 6. Brita 1 (Varia de 9,5 mm a 19 mm)	38
Figura 7. Brita 2 (Varia de 19 mm a 25 mm)	39
Figura 8. Brita 3 (Varia de 25 mm a 50 mm)	39
Figura 9. Pedra rachão (Varia de 10 cm a 40 cm)	40
Figura 10. Pó de pedra com <i>filler</i> (resíduo).....	41
Figura 11. Perfuradores	42
Figura 12. Perfuração com explosivo e pedra bruta após exploração	43
Figura 13. Pedra bruta após exploração.....	44
Figura 14. Escavadeira separando as pedras para serem carregadas no caminhão.....	44
Figura 15. Caminhão sendo carregado com as pedras brutas	45
Figura 16. Caminhão carregado transportando as pedras brutas para o maquinário	45
Figura 17. Caminhão sendo descarregado	46
Figura 18. Caminhão sendo descarregado	46
Figura 19. Pedra bruta entrando no maquinário.....	47
Figura 20. Pedra bruta passando pela primeira peneira.....	47
Figura 21. Pedra rachão saindo da peneira e passando pela esteira	48
Figura 22. Pedra rachão saindo do maquinário.....	48
Figura 23. Diversas peneiras e esteiras em funcionamento.....	49
Figura 24. Caminhão sendo carregado com produto final	49
Figura 25. Caminhão carregado com produto final.....	50
Figura 26. Carroceria do caminhão carregado sendo tapado com lona antes de ser pesado e transportado para o consumidor	50
Figura 27. Tipos de amostragem	53
Figura 28. Bomba de amostragem Apex 2 - Marca: Casella	54
Figura 29. Calibrador de fluxo Defender 530 - Marca: Defender	54
Figura 30. Amostrador com filtro de PVC	54
Figura 31. Ciclone de nylon para fração respirável.....	55
Figura 32. Trabalhador da pedreira com o equipamento colocado para coleta	55
Figura 33 – Perfuração úmida	66
Figura 34 - Exemplo de cartaz com advertência.....	67
Figura 35 – Uso do protetor respiratório adequado	68
Figura 36 – Uso adequado do protetor respiratório	68

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Consumo mundial e brasileiro de agregados	20
Gráfico 2 – Produção mineral brasileira.....	22
Gráfico 3 – Gráfico de umidade relativa e precipitação no mês de outubro de 2022, na cidade de Londrina - PR	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais utilizações dos agregados na construção civil	19
Quadro 2 - Tipo de rocha e disponibilidade no Brasil	20
Quadro 3 - Dimensionamento do SESMT	29
Quadro 4. Dimensionamento de setores para amostragem	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação de valores dos produtos mais consumidos para entrega em 2021 e 2022	21
Tabela 2 - Quantidades de agregado por tipo de obra	26
Tabela 3 - Concentração e percentagem do Quartzo	34
Tabela 4 - Resultados da concentração de poeira respirável e de sílica e comparação com o L.T. da NR 15 e da ACGIH	35
Tabela 5 - Produção por mês no ano de 2022.....	58
Tabela 6 - Dados de produção do mês de agosto de 2022	59
Tabela 7 - Resultados das análises das amostras coletadas enviado pelo laboratório.....	61
Tabela 8 - Comparação da análise de poeira respirável com a NR 15, LD e LQ	62
Tabela 9 - Comparação da análise de sílica livre cristalizada (quartzo) com a ACGIH, LD e LQ	63
Tabela 10 – Comparação da análise de poeira respirável com a ACGIH, LD e LQ	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1T20	1º Trimestre de 2020
1T21	1º Trimestre de 2021
2T20	2º Trimestre de 2020
2T21	2º Trimestre de 2021
3T20	3º Trimestre de 2020
3T21	3º Trimestre de 2021
ABHO	Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
ANEPAC	Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
DNPM	Departamento Nacional da Produção Mineral
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GHE	Grupos Homogêneos de Exposição
GR	Grau de Risco
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
LD	Limite de Detecção
LQ	Limite de Quantificação
L.T.	Limite de Tolerância
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NR	Norma Regulamentadora
PIB	Produto Interno Bruto
PNES	Programa Nacional de Eliminação da Silicose
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PPR	Programa de Proteção Respiratória
SESMT	Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral	17
2.2	Objetivos Específicos	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	Processo de uma Pedreira	18
3.2	Setor de Agregados	19
3.2.1	O que é Agregado	19
3.2.2	Perspectiva para o setor de agregados	20
3.2.3	Mercado de agregados no Brasil	21
3.2.4	Usos e aplicações do agregado	24
3.3	Resíduo de pedreira (filler)	26
3.3.1	Impactos na Saúde do Trabalhador	26
3.3.2	Impactos no Meio Ambiente	31
3.4	Avaliação	33
4	MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1	Caracterização da Pedreira Estudada	37
4.2	Processo da Pedreira	41
4.3	Amostragem do Particulado no Trabalhador	51
4.3.1	Definição do tamanho da amostragem	51
4.3.2	Metodologia de amostragem	52
4.3.3	Período da amostragem	55
4.3.4	Método utilizado para análise das amostras	56
4.4	Volume de Brita Produzido e de Resíduo Gerado	58
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
6	RECOMENDAÇÕES	66
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
	REFERÊNCIAS	72
	ANEXO A - Anexo nº 12 – Limites de Tolerância para Poeiras Minerais - Sílica da NR 15 - Atividades e Operações Insalubres, de 08 de junho de 1978	77
	ANEXO B - Certificado de Calibração e Relatório de Ensaio das bombas usadas para amostragem	80

ANEXO C - Relatório de Análise do Laboratório para amostra do Oficial de Controle de Britagem	85
--	-----------

1 INTRODUÇÃO

O setor de agregados está diretamente ligado à construção civil. Desta forma, Luz e Almeida (2012) destacam que está diretamente ligado à construção de moradias, saneamento básico, construção de rodovias, aeroportos, vias públicas, escolas, etc.

Segundo a ANEPAC (2021), os agregados mais comuns são pedra britada, areia e cascalho. Eles são as substâncias minerais mais consumidas no Brasil e no mundo e envolvem, no Brasil, cerca de 3.100 empresas e geram um total de 75.000 empregos diretos e 250.000 indiretos. A rocha britada pode ser derivada de rocha calcária ou basáltica e corresponde ao segundo item mais expressivo da produção brasileira, só perdendo em quantidade para o minério de ferro (DNPM, 2016). A brita é intensivamente utilizada para fabricação de concreto e, por isso, muito importante para obras e construções em geral.

O consumo de agregados per capita é um importante indicador da situação econômica e social de um país, bem como seu nível de desenvolvimento. O uso de agregados é relacionado à melhoria da qualidade de vida e à geração de conforto (ANEPAC, 2021).

Segundo o Cadastro Nacional de Produtores de Brita (DNPM, 2016), até 2015 foram reportadas um total de 996 usinas de britagem instaladas no país. Neste contexto, o estado do Paraná ocupa o terceiro lugar com 115 usinas. O primeiro e o segundo lugar são ocupados pelo Rio Grande do Sul (179 usinas) e São Paulo (155 usinas), respectivamente.

O processo de lavra de brita gera grande quantidade de material particulado no ar. De toda brita produzida, “cerca de 2 a 10% pode resultar como resíduo” (*filler*) (SBRIGHI, 2021, p. 1). No caso da rocha basáltica, esse material particulado carrega sílica em sua composição, o que, segundo Azevedo e Schutz (2021), representa sérios riscos à saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente se houver ineficiência nos sistemas de controle de emissões.

Ainda de acordo com Azevedo e Schütz (2021, p. 68), a principal doença relacionada à aspiração de poeiras contendo sílica é a silicose, que é uma doença crônica e incurável e, por isso, é considerada “a mais grave entre as doenças pulmonares relacionadas à inalação de poeiras minerais”. Em 2002, foi desenvolvido, no Brasil, um programa para eliminação da doença. Porém, Federle *et al.* (2021)

observam que, 20 anos após sua implantação, o número de hospitalizações e óbitos causados pela silicose seguem em crescimento considerável, demonstrando que as ações mitigadoras colocadas em prática pelo programa são ineficientes ou insuficientes.

Para minimizar estes riscos é preciso respeitar os limites de tolerância estabelecidos pela Norma Regulamentadora (NR) nº 15 (BRASIL, 1992), que é um limite com necessidade de aplicação de fórmula para cada amostra, e a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH, 2022), que é um valor fixado em $0,025 \text{ mg/m}^3$ para poeiras com detecção de sílica e em $3,00 \text{ mg/m}^3$ no caso de poeiras respiráveis sem detecção de sílica. Além disso, é preciso conscientizar os trabalhadores quanto à correta utilização dos equipamentos de proteção individual, adotar medidas para redução ou eliminação das poeiras, bem como pensar nos meios para melhorar a saúde e o bem-estar da população. Quanto ao meio ambiente é preciso notar que a emissão do particulado vai além da extensão da pedreira podendo afetar vizinhanças mais próximas.

Na literatura existe pouca discussão sobre a melhoria do processo, redução na emissão ou reaproveitamento de resíduos (*filler*) e o descarte de forma correta visando proteger o meio ambiente e garantir a saúde pública. Portanto, este trabalho possui como objetivo analisar a poeira de sílica em suspensão oriunda do processo de britagem de uma pedreira basáltica na cidade de Londrina, seu efeito no meio ambiente e os danos causados pela exposição do trabalhador a esse particulado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar de forma qualitativa e quantitativa o resíduo (*filler*) de uma pedreira de rocha basáltica de lavra de brita na cidade de Londrina-PR, com base na Norma Regulamentadora nº 15 e na *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, e o impacto deste resíduo na saúde do trabalhador e no meio ambiente.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar medições quantitativas de poeira de sílica em todos os processos e setores, conforme orientações da Norma de Higiene Ocupacional – NHO 08;
- Acompanhar medições de poeira respirável em diferentes setores, com um funcionário por função;
- Identificar os setores da pedreira com maior concentração de material particulado;
- Comparar os valores obtidos em campo com o estabelecido pela NR 15 do Ministério do Trabalho e Previdência e com o estabelecido pela ACGIH;
- Sugerir medidas de controle da poeira respirável no processo e de conscientização dos funcionários.

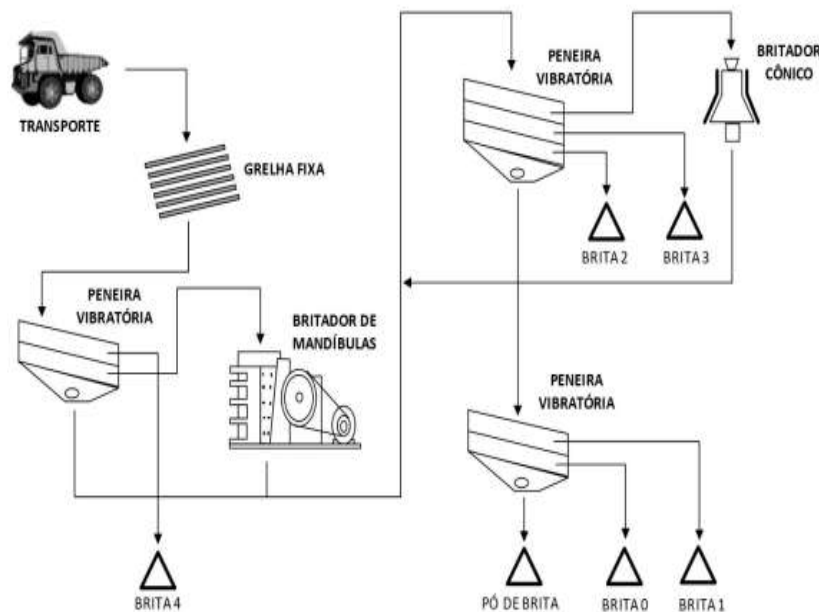
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Processo de uma Pedreira

O processo de uma pedreira de exploração de rocha basáltica para obtenção de agregados para a construção civil vai desde a exploração da pedra bruta até a comercialização do produto final.

Geralmente são utilizados explosivos na área a ser explorada, que transformam a pedra bruta em rochas de tamanhos e formatos irregulares para que possam ser carregadas em caminhões e transportadas até o maquinário (peneiras e esteiras) de onde saem os produtos finais. Onde são pesados e seguem em rota até o consumidor. No esquema da Figura 1 é resumido o processo de obtenção das britas após o carregamento do caminhão com a pedra bruta.

Figura 1 - Fluxograma esquemático para obtenção de agregados a partir de rocha basáltica



Fonte: Mendes et al. (2019)

Os produtos finais de uma pedreira basáltica são diversos: britas de diferentes granulometrias, pó de pedra, pedra rachão, entre outros. Estes produtos são usados principalmente no setor da construção civil e em usinas para a fabricação de concreto convencional e bombeado.

No Quadro 1 é possível observar as principais utilizações dos principais produtos de uma pedreira de exploração de rocha basáltica na construção civil e suas granulometrias.

Quadro 1 - Principais utilizações dos agregados na construção civil

Agregado	Granulometria	Utilização na construção civil
Brita ½	Varia de 4,8 mm a 9,5 mm.	Confecção de pavimentação asfáltica, lajotas, bloquetes, intertravados, lajes, jateamento de túneis e acabamentos em geral.
Brita 1	Varia de 9,5 mm a 19 mm.	Fabricação de concreto, com inúmeras aplicações, como na construção de pontes, edificações e grandes lajes.
Brita 2	Varia de 19 mm a 25 mm.	Fabricação de concreto que exija maior resistência, principalmente em formas pesadas.
Brita 3	Varia de 25 mm a 50 mm.	Também denominada pedra de lastro utilizada para aterros, lastros ferroviários e drenos.
Rachão, pedra de mão ou pedra marroada	Varia de 10 cm a 40 cm.	Fabricação de gabiões, muros de contenção, calçamento de ruas, concretos ciclópicos, em aterros e drenos.

Fonte: Adaptação Mesavilla (2017)

3.2 Setor de Agregados

3.2.1 O que é Agregado

De acordo com Luz e Almeida (2012, p. 3), a definição de agregados para construção civil é a seguinte: “Na engenharia civil, agregados são matérias primas minerais inertes e levam esse nome devido a se agregarem ao cimento para fabricação do cimento e betume”. Esta matéria prima é importante para construção civil e, conseqüentemente, de grande importância para o desenvolvimento socioeconômico de um país e para a qualidade de vida da sociedade, gerando milhares de empregos direta e indiretamente.

Segundo a ANEPAC (2021, p. 3), os agregados para a construção são obtidos de “materiais rochosos variados, consolidados ou granulares, fragmentados naturalmente ou por processo industrial”. Os agregados mais comuns são pedra britada, areia e cascalho, e são as substâncias minerais mais consumidas no mundo.

De acordo com Bertolino *et al.* (2012), no Brasil há uma grande diversidade de rochas utilizadas como agregados devido sua extensão, o que possibilita diversas características geológicas dentro do país. Em virtude disto, o tipo de rocha utilizada depende das características e disponibilidade locais. No Quadro 2 são citados alguns exemplos:

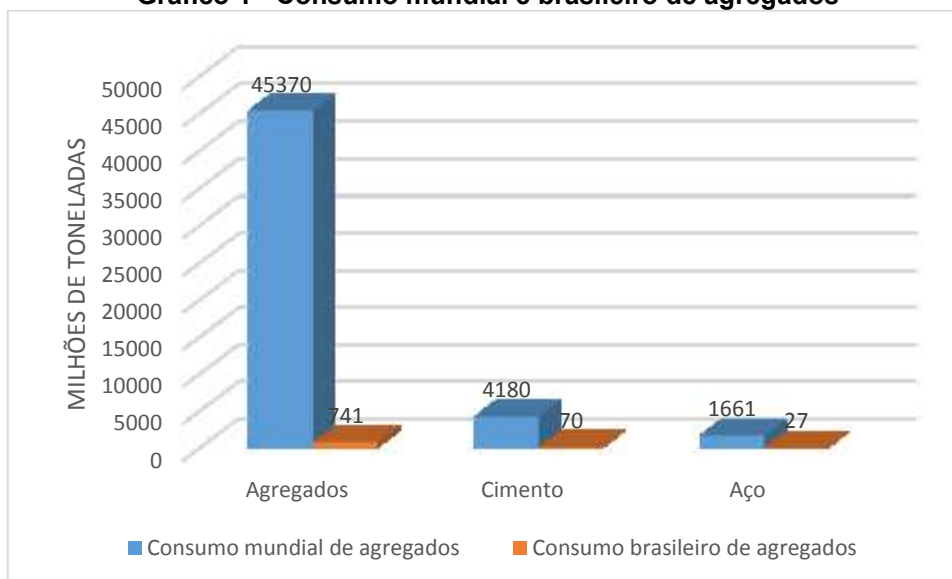
Quadro 2 - Tipo de rocha e disponibilidade no Brasil

Rocha utilizada como agregado	Disponibilidade
Granito e gnaiss	Maioria dos estados brasileiros
Basalto	Regiões sul e sudeste (bacias do Paraná)
Calcários e Dolomitos	Minas Gerais, Goiás, Bahia e norte fluminense
Lateritas	Região amazônica e Minas Gerais
Areia/Cascalho	Maioria dos estados brasileiros

Fonte: Adaptação Bertolino et al. (2012)

3.2.2 Perspectiva para o setor de agregados

Conforme dados da ANEPAC (2015), os agregados estão entre os materiais mais consumidos no mundo (perdendo apenas para a água), e correspondem por cerca de 2/3 do total da produção mineral mundial. No Gráfico 1 é possível observar o consumo mundial e brasileiro de agregados em comparação com o consumo de cimento e aço.

Gráfico 1 - Consumo mundial e brasileiro de agregados

Fonte: Adaptação ANEPAC (2015)

Ainda segundo a ANEPAC (2015, p. 5), agregado é um “*commodity* mineral abundante, com normas técnicas caracterizadas e processos tecnológicos convencionais de baixa elasticidade no preço da demanda” (baixa variação de preço), ou seja, sua demanda é dependente de ciclos econômicos regionais, conforme é demonstrado na Tabela 1. O agregado tem correlação direta entre o consumo e o Produto Interno Bruto (PIB), ou seja, quando um país ou região apresenta alta demanda por agregados, é indicativo de que há fortalecimento do nível da atividade

econômica e matérias-primas minerais, energia e mão-de-obra regionais no processo de produção. Além de baixo valor agregado, a ANEPAC (2015, p. 5) indica ainda outro fator que limita o mercado em potencial, que são os custos de distribuição. Como já citado, os agregados são os materiais manufaturados mais consumidos no mundo e de preço mais baixo dentre eles: “O preço líquido para o consumidor é da ordem de US\$ 10/tonelada ou US\$ 0,01/kg (média internacional) e de alta disponibilidade”. O valor mostrado na Tabela 1 confirma o preço líquido praticado na media internacional.

Tabela 1 - Comparação de valores dos produtos mais consumidos para entrega em 2021 e 2022

2021		2022	
Produto	Valor para entrega (R\$/ton)	Produto	Valor para entrega (R\$/ton)
Brita ½	54,50	Brita ½	65,40
Brita 1	52,80	Brita 1	63,30

Fonte: Autoria própria

Do ano de 2021 para o ano de 2022 houve um aumento considerado acima do comum nos valores como é possível observar na Tabela 1. Isso se dá perante ao fato de ter acontecido, no Brasil, o aumento nos custos de diesel, explosivos e energia elétrica, impactando diretamente nos custos de produção destes produtos.

Os agregados são facilmente encontrados, sem concorrentes e substitutos nos quesitos preço e quantidade. Ainda assim, há no Brasil uma demanda reprimida de agregados para construção (ANEPAC, 2015).

A urbanização é um assunto que vem sendo discutido amplamente em eventos internacionais, e a tendência é que siga sendo pauta pelo menos pelos próximos 10 anos, pois segundo a ANEPAC (2021), a mancha urbana vem triplicando sua área de 2000 a 2030. O que resultaria num crescimento notável no consumo de matéria-prima para a construção civil.

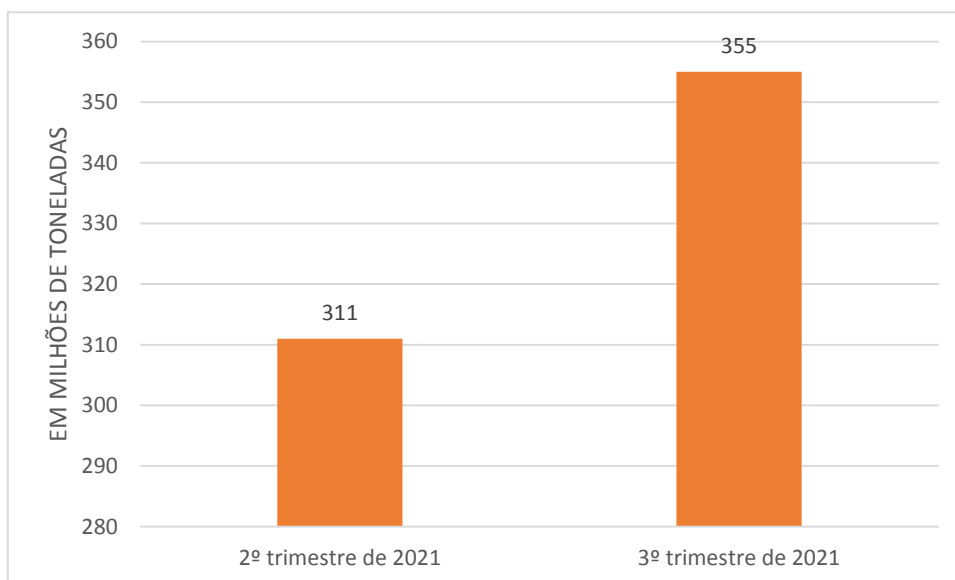
Luz e Almeida (2012, p. 15) revelam que no caso da brita, por exemplo, representa “em media, 2% do custo global de uma edificação e 60% do seu volume”.

3.2.3 Mercado de agregados no Brasil

De acordo com o IBRAM (2021), do segundo para o terceiro trimestre de 2021, a produção de minerais aumentou em 14% como é possível observar no Gráfico 2. Além disso, o IBRAM (2021) informa também que a produção mineral brasileira

durante o ano de 2020 inteiro foi de 1,2 bilhões de toneladas, enquanto de janeiro a setembro de 2021 os números de produção mineral no Brasil ultrapassaram de 920 milhões de toneladas em apenas 9 meses.

Gráfico 2 – Produção mineral brasileira



Fonte: Adaptação IBRAM (2021)

Na Figura 2 é demonstrado o aumento no faturamento do setor mineral brasileiro no 3º trimestre de 2021 (3T21) em relação ao 2º trimestre de 2021 (2T21) e no mesmo período do ano de 2020 (3T20). O faturamento do setor mineral no acumulado de janeiro a setembro (1º, 2º e 3º trimestres de 2021 - 1T21, 2T21 e 3T21) foi de R\$ 258 bilhões, 104% maior que no mesmo período de 2020 (R\$ 126 bilhões).

Figura 2 - Faturamento do setor mineral no Brasil



Fonte: Adaptação IBRAM (2021)

É possível observar que, no terceiro trimestre de 2021 (3T21), houve um aumento de 38% em relação ao segundo trimestre de 2021 (2T21) e 114% de aumento em relação ao terceiro trimestre de 2020 (3T20), ou seja, é um setor em constante crescimento no país.

O mercado brasileiro destes produtos é atendido por uma ampla e diversificada gama de produtores, envolvendo cerca de 3.100 empresas: 600 de produção de brita e 2500 de extração de areia, com um total de 75.000 empregos diretos e 250.000 indiretos (ANEPAC, 2021).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de calcário, com uma produção anual de mais de cem milhões de toneladas de calcário bruto e beneficiado (FUNDACENTRO, 2015).

Na revista Areia e Brita (2021) há a informação de que em 2020, com a pandemia do Covid-19, a indústria de agregados se preparou para uma queda de demanda. Porém, em detrimento da pandemia, o ano terminou com uma produção de 605 milhões de toneladas, um crescimento de 13,1% em relação a 2019. Em 2021 a produção de agregados continuou a crescer, apresentando um aumento de 9% sobre 2020, ou seja, cerca de 660 milhões de toneladas.

Para 2022, a revista Areia e Brita (2022, p. 3) traz a informação de que apesar de ter sido esperado um aumento por ser ano eleitoral, tradicionalmente um ano de muitas obras, não houveram respostas tão significativas, resultado do momento econômico vivido pelo Brasil e pela “ausência de medidas consideradas essenciais para o seu desenvolvimento como a redução da taxa de juros, que impacta diretamente nos custos de insumos, máquinas e equipamentos e dificulta investimentos”. Desta forma, houve crescimento em ritmo mais lento do mercado, era esperado um aumento de pelo menos 5% em relação ao ano anterior, e o aumento foi de apenas 2%.

3.2.4 Usos e aplicações do agregado

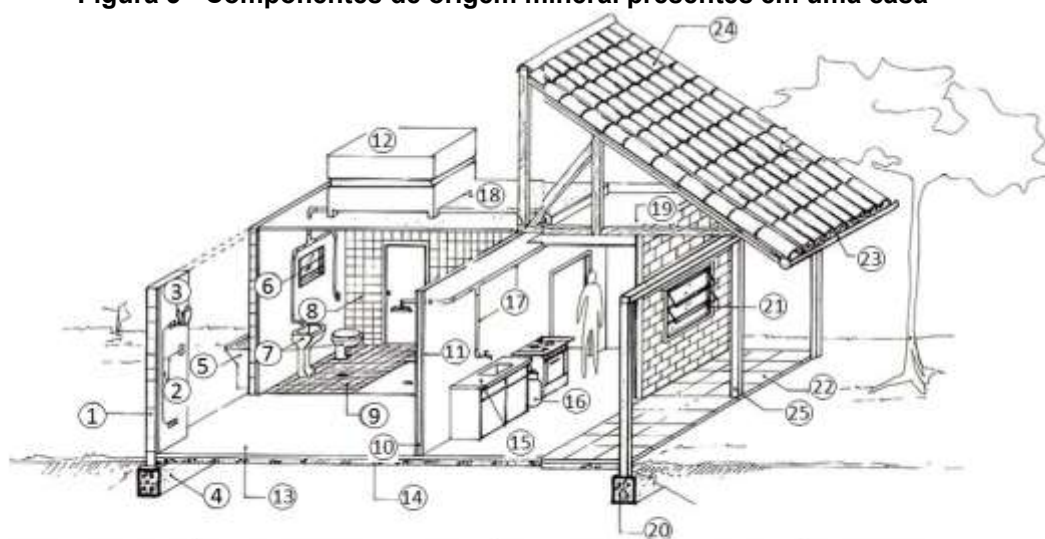
Segundo Luz e Almeida (2012) os agregados de origem mineral vem sendo usados pela humanidade desde os primórdios com os homens pré-históricos que utilizavam as rochas encontradas na natureza como materiais de construção para a fabricação de utensílios em forma bruta ou pouco trabalhadas. Nos tempos atuais, as rochas são utilizadas em diversas formas (bruta, britada, moída, etc) e para diversos usos, sendo a principal matéria prima de obras e edificações.

Luz e Almeida (2012) destacam também a relevância do setor de agregados para a sociedade, já que está diretamente ligado à qualidade de vida da população. Tendo em vista que os agregados são utilizados para a fabricação de concreto, pavimentos, argamassa entre outras matérias primas de grande importância para a construção civil. São as substâncias minerais mais consumidas e, portanto, as mais significativas em termos de quantidades produzidas no mundo.

Desta maneira, é evidente a importância deste recurso para o desenvolvimento social e econômico de qualquer país, visto que são amplamente utilizados para a construção de hospitais, escolas, moradias, estradas, saneamento básico, obras de usinas de energia elétrica, indústrias, portos etc.

Na Figura 3 são ilustrados os componentes de origem mineral presentes em uma casa, o que mostra a importância desse recurso na vida humana atual.

Figura 3 - Componentes de origem mineral presentes em uma casa



ELEMENTO	SUBSTÂNCIA MINERAL	ELEMENTO	SUBSTÂNCIA MINERAL
1- Tijolo	Areia, Calcário (cimento), Argila Vermelha	14- Contra Piso	Areia, Brita, Calcário (cimento)
2- Fiação	Cobre, Petróleo (plástico)	15- Pia	Mármore ou Níquel, Cromo, Ferro (aço inox)
3- Lâmpada	Quartzo (vidro), Tungstênio	16- Botijão Gás/Fogão	Gás Natural, Petróleo, Ferro
4- Fundações	Areia, Brita, Cimento	17- Encanamento	Ferro, Chumbo, Petróleo (PVC)
5- Tanque	Petróleo (plástico), Calcário (cimento), Areia, Brita e/ou Pedregulho	18- Laje	Ferro, Brita, Areia, Calcário (cimento)
6- Vidro	Quartzo, Feldspato	19- Forro	Gipsita (gesso)
7- Louça Sanitária	Argila, Caulim	20- Armação – Fundação	Ferro (hematita)
8- Azulejo	Argila, Caulim, Feldspato, Dolomita	21- Esquadrias (janela)	Alumínio (bauxita)
9- Piso (banheiro)	Granito, Mármore ou Argila (lajota ou ladrilho)	22- Piso	Argila, Ardósia, Vermelho (óxido de ferro)
10- Isolante Parede	Quartzo, Feldspato (lã de vidro)	23- Calha	Cobre, Zinco, Petróleo (PVC)
11- Pintura (tinta)	Pigmentos de Titânio (ilmenita)	24- Telhado	Argila (telha), Betume e Calcário, Cimento (acabamento)
12- Caixa D'água	Amianto (crisotila), Cimento	25- Estrutura (pilastra)	Areia, Calcário (cimento)
13- Impermeabilizante	Betume (xistos betuminosos)		

Fonte: Adaptação SUDELPA (1986)

Na Tabela 2 é demonstrada a quantidade de agregados consumido pelo tipo de obra a ser executada.

Tabela 2 - Quantidades de agregado por tipo de obra

Tipo	Área	Quantidade de agregado	Quantidade por m ³
Unidade Básica	35 m ²	21 toneladas	0,356 m ³
Habitação Popular	50 m ²	68 toneladas	0,8 m ³
Edifícios Públicos	1000 m ²	1360 toneladas	0,8 m ³
Escolas	1120 m ²	1675 toneladas	0,89 m ³
Pavimentação			
Urbana de Baixa Densidade	10000 m ²	2000 toneladas	0,116 m ³
Pavimentação			
Urbana de Alta Densidade	10000 m ²	3250 toneladas	0,193 m ³
Estrada Vicinal	1 km	2800 toneladas	1,67 m ³
Manutenção de Vias Municipais	1 km	100 toneladas	0,06 m ³
Estradas	1 km	3000 toneladas	1,78 m ³

Fonte: Adaptação Mesavilla (2017)

3.3 Resíduo de pedra (filler)

A atividade de mineração gera resíduos sólidos em todas as etapas da produção, e no caso da brita, como informam Toscan, Kautzmann e Sabedot (2007), o pó fino que resulta do processo não tem demanda compatível com sua produção, por isso é considerado resíduo e esse resíduo leva o nome de *filler*:

“O resíduo sólido gerado no processo de beneficiamento da pedra brita é o *filler*. Este material possui granulometria muito fina, que, devido à pouca utilização em outros processos industriais, é depositado em montantes nos terrenos vizinhos às pedreiras ou utilizado na construção de acessos da mina. Esse procedimento acarreta poluição do ar, da água, poluição sonora, visual, indisposição com a vizinhança, ocupação indevida de terrenos, acúmulo de resíduos sólidos e prejuízo à saúde da população em geral” (OLIVEIRA; LUZ; ECHEVERRÍA, 2000, p. 3).

3.3.1 Impactos na Saúde do Trabalhador

Os principais efeitos causados na saúde pelo material particulado, se em grande quantidade e sem o uso correto dos EPIs e EPCs, segundo Fernandes (2010) são: impactos no sistema respiratório, circulatório e reprodutor, inflamações pulmonares, asma, doenças cardiovasculares e na gravidez crescimento intrauterino restrito, prematuridade e baixo peso ao nascimento, além da diminuição da

visibilidade, presença de alfa-benzopireno (carcinogénico potencial) e interferência na fotossíntese das plantas.

Segundo Azevedo e Schutz (2021), o ambiente laboral é a fonte mais comum de exposição a estas poeiras, que trazem doenças com toxicidade a longo prazo. Um dos processos com maior risco ocupacional é a extração de rochas. Se o trabalhador for detectado com alguma doença ocupacional deste âmbito, deve ser afastado da atividade de risco, avaliado quanto ao grau de comprometimento de sua saúde, periciado quanto à incapacitação e, ao longo da vida, acompanhado em sua evolução e intercorrência clínica por médicos e outros profissionais de saúde.

De acordo Fagundes e Zanellato (2006) os sintomas da doença manifestam-se somente após o período de vinte a trinta anos de exposição ao pó. Federle *et al.* (2021) relatam também a notificação de 5.451 casos de internação por pneumoconiose no Brasil no período de 2010 a 2019. Destes, 3.582 casos são acometidos por homens. Em relação a faixa etária, a maior incidência foi em pessoas com mais de 60 anos de idade (1.096 casos). No total foram registradas 1.804 mortes e o tipo de pneumoconiose com o maior número de óbitos registrado foi aquele devido à poeira contendo sílica, totalizando 1.265 óbitos, correspondendo a mais de 70% dos óbitos registrados. Estes dados sobre os trabalhos nas indústrias extrativas são confirmados por Pereira (2009):

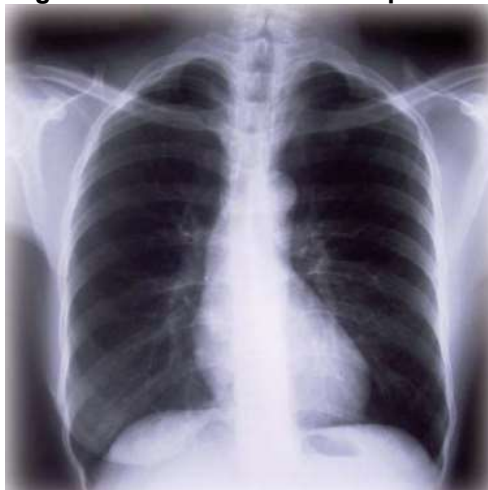
“É uma indústria caracterizada por pequenas e médias empresas cujos trabalhadores são majoritariamente pessoas de faixa etária elevada e poucas habilitações, o que leva a elevados índices de acidentes de trabalho e doenças profissionais” (PEREIRA, 2009, p. 12).

Azevedo e Schutz (2021) também trazem informações com relação à inalação de pó contendo sílica:

“A inalação do pó de sílica no ambiente de trabalho origina um tipo de pneumoconiose. Outra denominação muito conhecida para esta doença é a Silicose. A silicose é considerada a mais antiga, mais grave e mais prevalente das doenças pulmonares relacionadas à inalação de poeiras minerais. É uma doença pulmonar crônica incurável, com evolução progressiva e irreversível que pode determinar incapacidade, invalidez, aumento da suscetibilidade à tuberculose, podendo causar óbito” (AZEVEDO; SCHÜTZ, 2021, p. 68).

Segundo Leite (2020), trata-se de uma doença profissional do aparelho respiratório, mais concretamente uma fibrose pulmonar causada pela inalação de poeiras contendo sílica livre ou combinada na forma cristalina, como é ilustrado na Figura 4.

Figura 4 - Efeitos da sílica no pulmão



Fonte: Neto *et al.* (2010)

No Brasil existem mais de 6 milhões de trabalhadores expostos a áreas de risco contendo poeira de sílica, onde 4 milhões se encontram no setor da construção civil (MEDEIROS *et al.*, 2014). Por isso, em 2002, começou a ser desenvolvido o PNES – Programa Nacional de Eliminação da Silicose. Entretanto, novos casos da doença, alguns muito graves e acometendo trabalhadores jovens, continuam a ser notificados pelos sistemas de vigilância (DIAS *et al.*, 2017).

Ainda segundo Medeiros *et al.* (2014), há uma determinação legal do Ministério da Saúde e do Ministério do Trabalho para que os trabalhadores sejam radiografados anualmente e submetidos a testes espirométricos a cada dois anos e possam ser detectadas precocemente quaisquer alterações pulmonares, de forma a cumprir a meta do PNES de eliminar a silicose como problema de saúde pública no Brasil até 2030.

Porém, ao analisar as internações e óbitos por pneumoconiose no Brasil entre 2010-2019, Federle *et al.* (2021), observaram que, apesar de oscilar entre a quantidade de internações anuais, a curva de hospitalizações pela doença encontra-se em crescimento considerável, demonstrando falha do PNES. Desta maneira, é possível que o objetivo de eliminar a silicose como problema de saúde pública nacional até 2030 não seja cumprido.

Uma maneira de prevenir esta doença seria modificando algumas etapas do processo da lavra de minerais para diminuir ou controlar o material particulado. Faz-se necessário também capacitar e orientar os funcionários para que utilizem os EPC's e EPI's de maneira correta.

Azevedo e Schutz (2021) sugerem que o método de perfuração a seco possa ser substituído pelo processo de perfuração úmido. Outra medida é o recobrimento das principais vias com uma fina camada asfáltica ou com a umidificação frequente das vias e pulverização de água nas instalações de britagem. Por fim, faz-se necessário o uso de instrumentos de amostragem de poeiras e técnicas de exame de pó para avaliar se a exposição dos trabalhadores a poeiras esteja dentro dos limites de tolerância estabelecidos.

Segundo a Norma Reguladora (NR) 4 (BRASIL, 2022), a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) para a atividade de Extração de pedra, areia e argila é o código 08.10-0, com Grau de Risco (GR) 4, que corresponde ao grau mais alto da classificação. Porém, para compor o Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT), é necessário associar o GR com o número de trabalhadores no estabelecimento. No Quadro 3 é mostrado que só é necessário o acompanhamento de atividades de grau 4 por um profissional de Segurança do Trabalho em empresas que contam com um quadro de empregados a partir de 50 funcionários.

Quadro 3 - Dimensionamento do SESMT

(continua)

Nº de Trabalhadores no estabelecimento									
Grau de Risco	Profissionais	50 a 100	101 a 250	251 a 500	501 a 1000	1001 a 2000	2001 a 3500	3501 a 5000	Acima de 5000 para cada grupo de 4000 ou fração acima de 2000**
1	Técnico Seg. Trabalho				1	1	1	2	1
	Engenheiro Seg. Trabalho						1*	1	1*
	Aux./Tec. Enferm. do trabalho						1***	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1*	
	Médico do Trabalho					1*	1*	1	1*
2	Técnico Seg. Trabalho				1	1	2	5	1

Quadro 3 - Dimensionamento do SESMT									
(conclusão)									
	Engenheiro Seg. Trabalho					1*	1	1	1*
	Aux./Tec. Enferm. do trabalho					1***	1***	1	1
	Enfermeiro do Trabalho							1	
	Médico do Trabalho					1*	1	1	1
3	Técnico Seg. Trabalho		1	2	3	4	6	8	3
	Engenheiro Seg. Trabalho				1*	1	1	2	1
	Aux./Tec. Enferm. do trabalho					1***	1	1	1
	Enfermeiro do Trabalho						1	1	
	Médico do Trabalho				1*	1	1	2	1
4	Técnico Seg. Trabalho	1	2	3	4	5	8	10	3
	Engenheiro Seg. Trabalho		1*	1*	1	1	2	3	1
	Aux./Tec. Enferm. do trabalho				1***	1***	1	1	1
	Enfermeiro do Trabalho						1	1	
	Médico do Trabalho		1*	1*	1	1	2	3	1
OBSERVAÇÕES: A) hospitais, ambulatórios, maternidades, casas de saúde e repouso, clínicas e estabelecimentos similares deverão contratar um enfermeiro do trabalho em tempo integral quando possuírem mais de quinhentos trabalhadores; e B) em virtude das características das atribuições do SESMT, não se faz necessária a supervisão do técnico de enfermagem do trabalho por enfermeiro do trabalho, salvo quando a atividade for executada em hospitais, ambulatórios, maternidades, casas de saúde e repouso, clínicas e estabelecimentos similares (*) Tempo parcial (mínimo de três horas) (**) O dimensionamento total deverá ser feito levando-se em consideração o dimensionamento de faixas de 3501 a 5000, acrescido do dimensionamento do(s) grupo(s) de 4000 ou fração acima de 2000. (***) O empregador pode optar pela contratação de um enfermeiro do trabalho em tempo parcial, em substituição ao auxiliar ou técnico de enfermagem do trabalho.									

Fonte: Adaptação Anexo II – NR 4 (2022)

Nas pedreiras, devido ao pequeno número de funcionários, não há a obrigatoriedade de um profissional de Segurança do Trabalho para acompanhar os

processos. Por essa razão, muitas vezes, são contratadas empresas terceirizadas para analisar e gerenciar os riscos presentes no processo de produção e garantir ao trabalhador um ambiente saudável e salubre.

3.3.2 Impactos no Meio Ambiente

Segundo Ribeiro (2013), um dos principais impactos ambientais decorrentes do resíduo da lavra de brita basáltica são os danos à qualidade do ar decorrente da emissão de particulado durante todo o processo (da perfuração da rocha bruta ao carregamento dos produtos).

Desta forma, as medidas sugeridas por Azevedo e Schutz (2021) para diminuir a exposição dos trabalhadores a este particulado são as mesmas que garantem diminuição deste particulado no ar, isto é, processo de perfuração úmido, umidificação frequente das vias e das instalações de britagem.

Além disso, outro impacto ambiental relevante deste resíduo é a deposição em grandes quantidades em lugares que não são adequados e a ausência de destinação e disposição corretas deste resíduo.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010) é regida pela Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010 e, no artigo 3º parágrafo VII traz a definição de destinação final ambientalmente adequada como:

“Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos” (BRASIL, 2010, p. 10).

De acordo com El-Haggar (2007), é mais vantajoso financeiramente transformar um resíduo em produto do que o tratamento deste mesmo resíduo, já que o produto tem valor econômico e pode ser comercializado. El-Haggar (2007) ressalta ainda que no caso da mineração, os resíduos não são homogêneos, variam por demanda, quantidade e qualidade, tornando desafiadora a transformação deste em um produto.

Desta forma, é fundamental que sejam criadas novas tecnologias para que este *filler* gerado na moagem fina da britagem possa ser reutilizado em processos ou transformado em matéria-prima para outros produtos. Por não ser um material comercializável até poucos anos atrás ainda há poucos estudos acerca do seu uso.

Segundo Sbrighi (2021), recentemente o *filler* começou a apresentar potencial para ser comercializado em mercados específicos, aumentando o lucro da indústria e ajudando a resolver o passivo ambiental decorrente do acúmulo do resíduo nas pedreiras.

“De todo o agregado fabricado, de 2 a 10% pode resultar como *filler* no processo de cominuição. O *filler* de basalto tende a apresentar partículas mais angulosas e ásperas, enquanto os calcários têm grãos mais equidimensionais e macios. Os granitos, por sua vez, tendem a uma posição intermediária quanto à forma e textura superficial de seus finos. Tais diferenças se refletem diretamente nas propriedades e no desempenho dos fillers quando utilizados na produção do concreto ou de argamassas, em conjunto com os agregados miúdos e graúdos” (SBRIGHI, 2021, p. 1).

Reggio (2021) ressalta que recentemente os *fillers* originados de rochas basálticas passaram a ser adotados para melhorar a fertilidade de solos agrícolas e recuperar solos empobrecidos. Além disso, há pouco tempo começou a ser utilizado como matéria-prima na produção da lã de rocha ou fibra de basalto, que pode ser empregada no escapamento de veículos automotores e isolamento térmico de fogões. Existem também alguns estudos para ampliar a utilização do *filler* na indústria química e cerâmica.

Estudos recentes trazem a técnica de rochagem (utilização do pó de rocha como fertilizante) como alternativa ao uso de insumos industrializados, que impactam negativamente o meio ambiente devido sua alta solubilização. Uma vez que o pó de rocha apresenta uma lenta solubilização acaba não comprometendo cursos d'água por ser dificilmente lixiviado, como defendido por Cola e Simão (2012).

“O pó de rocha promove a remineralização do solo, o que se deve ao seu amplo conteúdo mineral e à sua composição química potencialmente apropriada para o enriquecimento de solo de baixa fertilidade ou para a recuperação de solo empobrecido por lixiviação” (ALOVISI *et al.*, 2020, p. 920).

Conforme estudado por Nichele (2006), a utilização do pó de basalto como fonte de nutrientes para um feijoeiro funcionou de maneira similar na produtividade dos que receberam tratamentos com calcário e adubo convencional. Já no estudo sobre o efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento de plantas de alface e na dinâmica populacional de insetos fitófagos (aqueles que se alimentam de partes de plantas), Groth *et al.* (2017) observaram que o pó de basalto reduziu aproximadamente 50% a incidência de insetos quando comparado à amostra sem a aplicação do mesmo, além de suprir as necessidades minerais do solo.

3.4 Avaliação

Segundo Silva (2017, p. 17), configura-se como trabalho insalubre aquele que “resulta em prejuízo constante na saúde do empregado em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos”.

Martins (2012) ressalta que muitas vezes o trabalhador presta serviços em condições insalubres para receber uma remuneração maior, já que nestes casos pode haver a monetização do risco para o trabalhador. Este acréscimo de remuneração é feita sobre o salário mínimo regional em vigor e é calculado à razão de 10% para grau mínimo de insalubridade, 20% para grau médio e 40% para grau máximo. Além da remuneração, os sistemas relativos a insalubridade podem tomar por base também a redução da jornada de trabalho (proibição de horas extras, concessão de descanso ou férias mais longas), ou até a proibição total da atividade desenvolvida sob essas condições.

Para que o trabalho seja caracterizado como insalubre é necessária a exposição a agentes nocivos à saúde e que os mesmos estejam acima do limite de tolerância estabelecido pela NR 15 (BRASIL, 2021).

De acordo com a NR 15 (BRASIL, 1978, p. 1) o limite de tolerância é “a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral”.

Segundo o Anexo 12 da NR 15 (BRASIL, 1992), que encontra-se no Anexo A deste trabalho, atividades com Sílica livre cristalizada que se desenvolvem acima dos limites de tolerância previsto caracterizam-se como atividades ou operações insalubres. As Equações 1, 2 e 3 mostram os limites de tolerância previstos e a maneira de calculá-los. Sempre será entendido que “Quartzo” significa sílica livre cristalizada.

O limite de tolerância, expresso em milhões de partículas por decímetro cúbico, é dado pela Equação 1.

$$L.T. = \frac{8,5}{\% \text{ quartzo} + 10} mppdc \text{ (milhões de partículas por decímetro cúbico)} \quad (1)$$

“Esta fórmula é válida para amostras tomadas com impactador (*impinger*) no nível da zona respiratória e contadas pela técnica de campo claro. A percentagem de

quartzo é a quantidade determinada através de amostras em suspensão aérea” (BRASIL, 1992, p. 95).

O limite de tolerância para poeira respirável, expresso em mg/m^3 , é dado pela Equação 2:

$$L.T. = \frac{8}{\% \text{ quartzo} + 2} \text{mg}/\text{m}^3 \quad (2)$$

“Tanto a concentração como a percentagem do quartzo, para a aplicação deste limite, devem ser determinadas a partir da porção que passa por um seletor com as características da Tabela 3” (BRASIL, 1992, p. 95).

Tabela 3 - Concentração e percentagem do Quartzo

Diâmetro Aerodinâmico (um) (esfera de densidade unitária)	% de passagem pelo seletor
Menor ou igual a 2	90
2,5	75
3,5	50
5,0	25
10,0	0 (zero)

Fonte: Adaptação BRASIL, 1992

O limite de tolerância para poeira total (respirável e não-respirável), expresso em mg/m^3 , é dado pela Equação 3.

$$L.T. = \frac{24}{\% \text{ quartzo} + 3} \text{mg}/\text{m}^3 \quad (3)$$

O Anexo 11 (BRASIL, 1994) da NR 15 coloca ainda a seguinte condição para os limites de tolerância:

“Os limites de tolerância fixados são válidos para jornadas de trabalho de até 48 horas por semana, inclusive. Para jornadas de trabalho que excedem a 48 horas semanais, os limites deverão ser deduzidos, sendo estes valores fixados pela autoridade competente” (BRASIL, 1994, p. 82).

No entanto, Magalhães (2018, p. 1) cita que “os limites de tolerância não são um limiar definitivo, principalmente para para poeira mineral, e estão desatualizados.” Por essa razão, limite de tolerância pode ser melhor definido como “a concentração

máxima com a qual a maioria dos trabalhadores expostos, dia após dia, não teria efeitos adversos à saúde.”

Já a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH, 2022) é reavaliada anualmente e tem limite especificado e sem necessidade de aplicação de fórmula para concentração de sílica livre cristalina, sendo esse limite aplicável apenas na fração respirável. Esse limite é estabelecido em 0,025 mg/m³, um limite mais restritivo do que a praticada pela legislação brasileira, como demonstra Bonucci (2019) na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados da concentração de poeira respirável e de sílica e comparação com o L.T. da NR 15 e da ACGIH

Setor / Função	Concentração de poeira respirável (mg/m ³)	Concentração de sílica (mg/m ³)	% de quartzo	Limite ACGIH (mg/m ³)	Está dentro do L.T. da ACGIH?	Limite NR 15 (mg/m ³)	Está dentro do L.T. da NR 15?
Ajudante de Rebitagem	0,198	0,066	33,4	0,025	Não	0,2262	Sim
Manutenção Elétrica I	0,432	0,155	36,0	0,025	Não	0,2107	Não
Serviços Gerais	0,223	0,026	11,7	0,025	Não	0,5850	Sim
Manutenção Elétrica II	0,158	0,016	10,3	0,025	Sim	0,6529	Sim
Cabo de Fogo	0,229	0,009	4,1	0,025	Sim	1,3210	Sim
Ajudante de Britagem I	0,302	0,112	36,9	0,025	Não	0,2056	Não
Manutenção Elétrica III	0,453	0,007	1,5	0,025	Sim	2,2748	Sim
Perfuração	0,220	0,014	6,3	0,025	Sim	0,9606	Sim
Administração	0,172	0,000	0,0	0,025	Sim	4,0000	Sim
Ajudante de Britagem II	0,209	0,016	7,7	0,025	Sim	0,8238	Sim

Fonte: Adaptação Bonucci (2019)

Bonucci (2019) confirma a informação de que a ACGIH apresenta um limite mais restritivo do que o estabelecido pela NR 15 ao demonstrar que na comparação dos valores obtidos na análise de 10 amostras da fração de poeira respirável e de sílica livre cristalina com a NR 15 apenas 2 amostras excederam o limite de tolerância estabelecido, as da Manutenção Elétrica I e do Ajudante de Britagem I (destacadas

em vermelho). Ao comparar os mesmos valores com a ACGIH, 4 amostras excederam o limite de tolerância da mesma, as do Ajudante de Rebitagem, Manutenção Elétrica I, Serviços Gerais e Ajudante de Britagem I (destacadas em vermelho e em verde).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da Pedreira Estudada

Para implantação de uma pedreira é necessário, além do conhecimento sobre a reserva de minerais, projetos para melhor aproveitamento das reservas, plano de recuperação da área (já que é uma atividade temporária de uso do solo) e principalmente estradas para o escoamento do produto, pois nessa indústria, há um grande tráfego de caminhões pesados que transportam o produto até o consumidor final. “O frete é um dos principais custos das pequenas empresas do segmento de brita, chegando a representar cerca de 40% do preço final”, obrigando, desta forma, a implantação próxima aos centros consumidores, ou seja, às grandes cidades, iniciando aí os conflitos com a comunidade vizinha e com os órgãos ligados ao meio ambiente (LUZ; ALMEIDA, 2012, p. 8).

Valverde (2001, p. 17) afirma que mesmo sendo um produto de baixo valor unitário, o custo com o transporte acaba por encarecer o preço para o consumidor final, e segundo dados de pesquisa realizada pela União Nacional de Produtores de Agregados da França (1983), o custo do transporte da rocha britada “por cinquenta quilômetros equivale ao preço na origem. Isto é ao custo total da extração, beneficiamento e comercialização, acrescido do lucro”. Atualmente, o custo do litro do diesel na cidade de Londrina é em média R\$5,84.

A pedreira em estudo fica localizada a cerca de 20 quilômetros do centro da cidade de Londrina, na zona rural do município, e se encontra isolada num raio de aproximadamente 800m ao entorno do estabelecimento. Desta forma, considerando que um caminhão comum carregado rode aproximadamente 2,5 quilômetros por litro de combustível, o valor do transporte da pedreira até o centro da cidade, em combustível, é em torno de R\$46,72.

A pedreira analisada conta com 30 funcionários e comercializa brita de diversas granulometrias (brita ½, brita 1, brita 2, brita 3 e pedra rachão), como mostram a Figura 5, Figura 6, Figura 7, Figura 8 e Figura 9.

Figura 5 - Brita ½ (Varia de 4,8 mm a 9,5 mm)



Fonte: Autoria Própria

Figura 6. Brita 1 (Varia de 9,5 mm a 19 mm)



Fonte: Autoria Própria

Figura 7. Brita 2 (Varia de 19 mm a 25 mm)



Fonte: Autoria Própria

Figura 8. Brita 3 (Varia de 25 mm a 50 mm)



Fonte: Autoria Própria

Figura 9. Pedra rachão (Varia de 10 cm a 40 cm)



Fonte: Autoria Própria

Os produtos mais vendidos são a brita $\frac{1}{2}$ e a brita 1 para uso na construção civil. Os resíduos que ficam no chão - *filler* (Figura 10) e não retornam ao processo atualmente são doados. Existe um projeto em andamento para comercialização do mesmo.

Figura 10. Pó de pedra com *filler* (resíduo)



Fonte: Autoria Própria

4.2 Processo da Pedreira

O processo de uma pedreira de exploração de rocha basáltica para obtenção de agregados utilizados na construção civil vai desde a exploração da pedra bruta até a comercialização do produto final. O processo acontece da seguinte forma:

Após a escolha da área a ser explorada, utilizam-se perfuradores (Figura 11) para perfurar o solo em pontos específicos e colocar explosivos na área previamente determinada (Figura 12).

Figura 11. Perfuradores



Fonte: Autoria Própria

Figura 12. Perfuração com explosivo e pedra bruta após exploração



Fonte: Autoria Própria

Após a exploração do solo, são formadas pedras de tamanhos e formatos irregulares (Figura 13), posteriormente separadas por escavadeiras para que o caminhão não seja carregado com pedras muito grandes, estas podem não ser compatíveis com o maquinário (Figura 14).

Figura 13. Pedra bruta após exploração



Fonte: Autoria Própria

Figura 14. Escavadeira separando as pedras para serem carregadas no caminhão



Fonte: Autoria Própria

Os caminhões são carregados com as pedras brutas (Figura 15) e transportam o material até a primeira peneira (Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura

19 e Figura 20), de onde sai o primeiro produto, a pedra rachão (Figura 21 e Figura 22).

Figura 15. Caminhão sendo carregado com as pedras brutas



Fonte: Autoria Própria

Figura 16. Caminhão carregado transportando as pedras brutas para o maquinário



Fonte: Autoria Própria

Figura 17. Caminhão sendo descarregado



Fonte: Autoria Própria

Figura 18. Caminhão sendo descarregado



Fonte: Autoria Própria

Figura 19. Pedra bruta entrando no maquinário



Fonte: Autoria Própria

Figura 20. Pedra bruta passando pela primeira peneira



Fonte: Autoria Própria

Figura 21. Pedra rachão saindo da peneira e passando pela esteira



Fonte: Autoria Própria

Figura 22. Pedra rachão saindo do maquinário



Fonte: Autoria Própria

Uma parte vai para comercialização e outra segue pelas esteiras para passar por peneiras de granulometrias menores (Figura 23). O processo é repetido até a obtenção do produto de menor granulometria.

Figura 23. Diversas peneiras e esteiras em funcionamento



Fonte: Autoria Própria

Após a obtenção dos produtos finais, os caminhões são carregados (Figura 24 e Figura 25) e fechados com uma lona (Figura 26). A etapa final é a pesagem, realizada por um funcionário da empresa, para por fim, seguir para o transporte até o consumidor.

Figura 24. Caminhão sendo carregado com produto final



Fonte: Autoria Própria

Figura 25. Caminhão carregado com produto final



Fonte: Autoria Própria

Figura 26. Carroceria do caminhão carregado sendo tapado com lona antes de ser pesado e transportado para o consumidor



Fonte: Autoria Própria

Os produtos finais de uma pedreira basáltica são diversos: britas de diferentes granulometrias, pó de pedra, pedra rachão, entre outros. Estes produtos são usados

principalmente no setor da construção civil e em usinas para a fabricação de concreto convencional e bombeado.

4.3 Amostragem do Particulado no Trabalhador

4.3.1 Definição do tamanho da amostragem

Segundo Melo *et al.* (2011), em um setor de uma empresa onde haja trabalhadores com exposição a um determinado risco ambiental, com atividades similares e pelo mesmo período de tempo, pode-se formar Grupos Homogêneos de Exposição (GHE) para representar o todo. Desta forma não é necessária a amostragem de todos os trabalhadores do setor, apenas 1 indivíduo ou um pequeno grupo de indivíduos é avaliado representando a exposição de todo o Grupo.

Para definir o tamanho da amostragem a ser usada no estudo, foi utilizado o método de GHE, ou seja, foram separados grupos de trabalhadores que tem exposição similar ao resíduo, e destes, apenas um trabalhador foi avaliado. No Quadro 4 mostra-se a maneira com que foram separados estes grupos.

Quadro 4. Dimensionamento de setores para amostragem

DIMENSIONAMENTO DE SETORES		
SETOR	GRUPOS HOMOGÊNEOS DE EXPOSIÇÃO – GHE	CARGO AMOSTRADOS
LOGÍSTICA INTERNA	Caminhão Truck	1 Motorista de Caminhão Truck
	Escavadeira Cabine Fechada	1 Operador de Escavadeira de Cabine Fechada
	Pá Carregadeira	1 Operador de Pá Carregadeira
ADM PÁTIO	Laboratório	1 Laboratorista
	Liderança	1 Encarregado de Fogo Blaster
PRODUÇÃO E BRITAGEM	Britagem Primária	1 Oficial de Britagem Primária
	Controle de Britagem	1 Oficial de Controle de Britagem
SERVIÇOS DE APOIO	Manutenção	1 Soldador
	Zeladoria	1 Faxineira

Fonte: Autoria Própria

Desta maneira, foram coletadas 9 amostras (uma de cada trabalhador do cargo escolhido representando seu GHE) de acordo com o setor em que o trabalhador atua e as atividades executadas por cada trabalhador.

Como, de acordo com o Quadro 3, não é necessário um profissional de Segurança do Trabalho devido ao número de empregados no estabelecimento estudado, a empresa optou por contratar uma empresa terceirizada para analisar e gerenciar os riscos presentes no processo de produção e garantir que o trabalhador esteja trabalhando dentro dos limites estabelecidos pela NR 15 e a ACGIH e, conseqüentemente, a operação não seja tão prejudicial ao meio ambiente e comunidade ao entorno do estabelecimento.

4.3.2 Metodologia de amostragem

A NHO-08 (FUNDACENTRO, 2009) estabelece o procedimento técnico para coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho.

Segundo a mesma (FUNDACENTRO, 2009), o procedimento de coleta se dá da seguinte forma:

1. Reconhecimento de riscos;

Nesta etapa, por meio de uma análise qualitativa feita nas visitas em campo, foram obtidas informações referentes ao ambiente de trabalho, ao processo de trabalho e aos trabalhadores.

2. Estabelecimento do objetivo da avaliação quantitativa;
3. Planejamento da coleta;

Na etapa de planejamento da coleta, a NHO-08 (FUNDACENTRO, 2009) estabelece que:

“No planejamento da coleta é feita a seleção do tipo de coleta (individual ou de área), tempo de coleta, número e tipo de amostras segundo o período de coleta (amostra única de período completo, amostras consecutivas de período completo ou amostras de período parcial), seleção de materiais e equipamentos (filtro de membrana, porta-filtro, separador de partículas, bomba de amostragem e mangueira) e laboratório para análise das amostras” (FUNDACENTRO, 2009, p. 19).

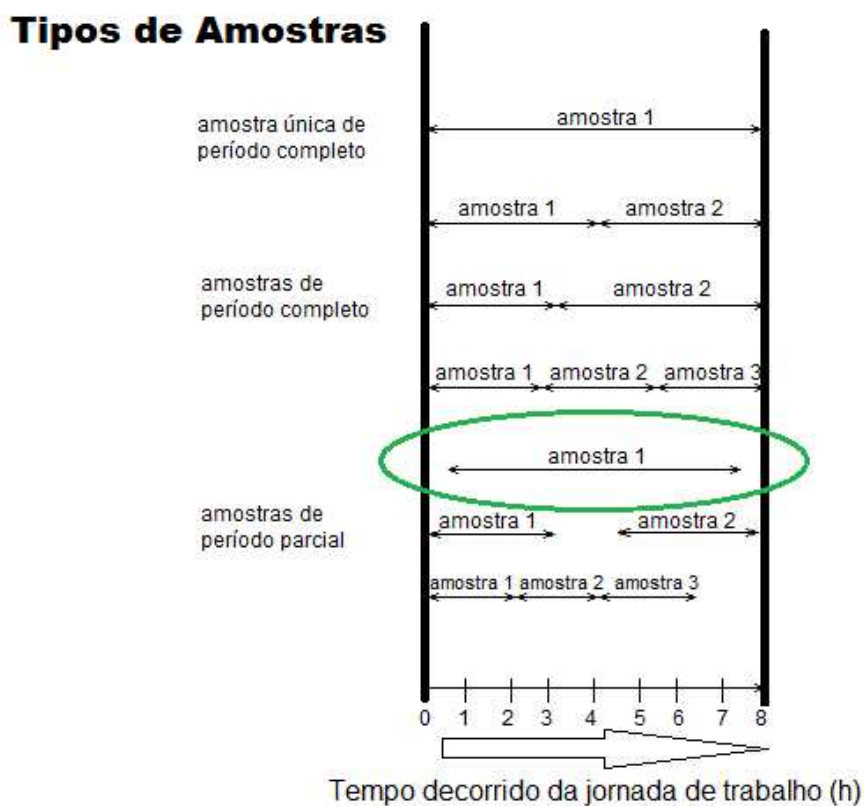
4. Coleta das amostras.

Para a coleta das amostras de particulados no processo de britagem, em relação às condições climáticas, a única condição que deve ser observada é que não pode haver precipitação no dia em que as coletas forem realizadas, já que altas umidades comprometem a representatividade da amostra pela questão ambiental. A alta umidade ou precipitação faz com que os trabalhadores, que são expostos aos

processos e também às poeiras do entorno, tenham uma exposição inferior à exposição real, de dias com umidade normal.

As amostragens foram realizadas com tempo de coleta superior a 75% da jornada de trabalho do trabalhador amostrado, ou seja, foram realizados, no mínimo, 396 minutos de coleta, tendo em vista que a jornada diária de trabalho na pedreira estudada é de 528 minutos. Além disso, foram coletas de período parcial e amostra única conforme destaca o esquema representado na Figura 27.

Figura 27. Tipos de amostragem



Fonte: Adaptação Leidel, Buch e Lynch, 1977

Além disso, as coletas envolveram apenas a fração respirável, já que, segundo a NHO-08:

“É a fração de material particulado suspenso no ar constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que $10\mu\text{m}$, capaz de penetrar além dos bronquíolos terminais e se depositar na região de troca de gases dos pulmões, causando efeito adverso nesse local” (FUNDACENTRO, 2009, p. 21).

Os equipamentos utilizados para coleta foram um amostrador composto por filtro de PVC de $5\mu\text{m}$ e 37mm de diâmetro, de volume máximo de 1000 litros e vazão

de coleta com ciclone de nylon de 1,7 L/min. Na Figura 28, Figura 29, Figura 30 e Figura 31 é possível observar cada dispositivo utilizado separadamente, além do equipamento completo colocado no trabalhador para realização da coleta (Figura 32).

Figura 28. Bomba de amostragem Apex 2 - Marca: Casella



Fonte: Ideal, 2022

Figura 29. Calibrador de fluxo Defender 530 - Marca: Defender



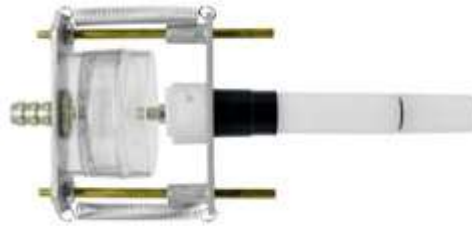
Fonte: Instrutherm, 2022

Figura 30. Amostrador com filtro de PVC



Fonte: Asa Instrumentos de Medição, 2022

Figura 31. Ciclone de nylon para fração respirável



Fonte: Asa Instrumentos de Medição, 2022

Figura 32. Trabalhador da pedreira com o equipamento colocado para coleta

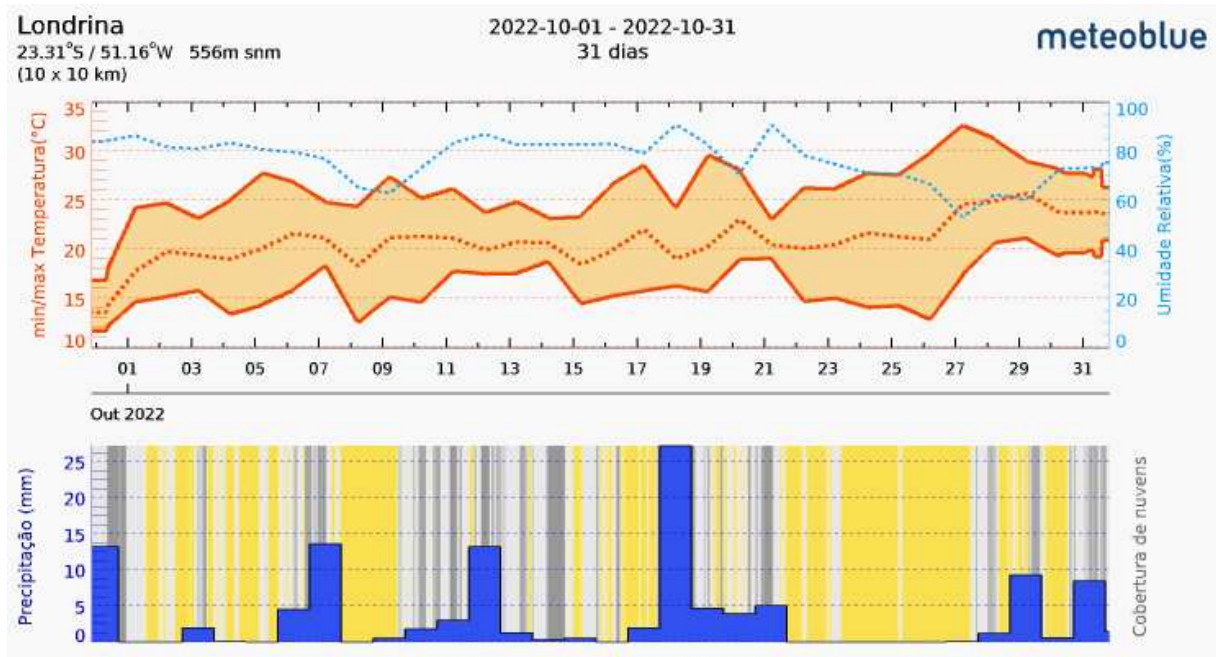


Fonte: Autoria Própria

4.3.3 Período da amostragem

O mês escolhido para a amostragem da quantidade de brita e de resíduo foi o mês de Agosto, pois como é demonstrado na Tabela 5, foi o mês de maior produção da pedreira durante o estudo. O monitoramento da fração respirável em trabalhadores de diferentes setores foi realizado em 24 de outubro de 2022, data em que houve permissão da empresa e as condições climáticas estavam favoráveis para a coleta como é demonstrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Gráfico de umidade relativa e precipitação no mês de outubro de 2022, na cidade de Londrina - PR



Fonte: Meteoblue (2022)

4.3.4 Método utilizado para análise das amostras

O filtro utilizado para coleta vem pré-pesado conforme a norma NHO 07 do laboratório UniAnalysis e ao final da amostragem é enviado para o laboratório, onde é pesado novamente e é verificada a massa de poeira respirável coletada para que os cálculos possam ser feitos.

Após a realização da coleta, a NHO 08 (FUNDACENTRO, 2009) também indica de que maneira os cálculos devem ser realizados:

O volume de ar amostrado deve ser calculado para cada amostra, de acordo com a Equação 4:

$$V = \frac{Qm * t}{1000} \quad (4)$$

Sendo:

V= volume de ar amostrado em m³;

Qm= vazão média em L/min;

t= tempo total de coleta em minutos.

A concentração de material particulado no ar deve ser calculada para cada amostra de acordo com a Equação 5:

$$C = \frac{m}{V} \quad (5)$$

Sendo:

C= concentração da amostra em mg/m³;

m= massa da amostra em mg;

V= volume de ar amostrado em m³.

Como foi trabalhado com apenas uma amostra por funcionário no mesmo dia (amostra única), a concentração de material particulado da amostra já é a concentração média ponderada pelo tempo para a jornada de trabalho, já que o tempo total de coleta é igual ao período de coleta, conforme estabelecido pela NHO 08 (FUNDACENTRO, 2009).

“Os resultados obtidos a partir da aplicação deste procedimento são estimativas das concentrações de material particulado suspenso no ar de ambientes de trabalho. Estes resultados podem ser utilizados para: avaliar a exposição dos trabalhadores; subsidiar a tomada de decisões quanto à implantação de medidas de controle preventivas e corretivas nos ambientes de trabalho; estudos epidemiológicos e de análise de risco, entre outros. Na interpretação dos resultados, além da comparação dos valores de concentração com os limites de exposição ocupacional, deve-se levar em consideração as informações obtidas na literatura, o objetivo da avaliação quantitativa, a variabilidade das concentrações (especialmente em ambientes sem controle), as características específicas do material particulado avaliado e do processo de trabalho, entre outras” (FUNDACENTRO, 2009, p. 24).

O método de análise de sílica é referenciado pela NIOSH 7500 - *SILICA, CRYSTALLINE, by XRD (filter redeposition)* NIOSH (2003) e é realizado através de difração de raios X. Esse método permite verificar a porcentagem de sílica na massa, sendo possível utilizá-la para realizar os cálculos de acordo com as Equações 1, 2 e 3. Como só foi trabalhado com a fração respirável, o limite de tolerância correto a se utilizar é o indicado na Equação 2 deste trabalho.

Porém este limite foi estabelecido há mais de 30 anos, por isso é considerado defasado na comunidade técnica. O limite mais aceito atualmente é o estabelecido na ACGIH (ACGIH, 2022), que é estabelecido em 0,025mg/m³ para sílica livre respirável, um limite muito abaixo do praticado pela legislação brasileira, representado pelas Equações 1, 2 e 3, e o que foi utilizado no trabalho, para atender os estudos e trabalhos atuais.

4.4 Volume de Brita Produzido e de Resíduo Gerado

O mês escolhido para amostragem destes parâmetros foi o de Agosto, pois apresenta o maior volume em m³ de produção (Tabela 5).

Tabela 5 - Produção por mês no ano de 2022	
MÊS DE REFERÊNCIA	VOLUME (m³)
Janeiro	37884
Fevereiro	35012
Março	44364
Abril	30896
Maio	46316
Junho	42620
Julho	49340
Agosto	50740
Setembro	45276
Outubro	40236

Fonte: Autoria Própria

Os dados fornecidos pela pedreira de volume de algumas britas produzidas no mês de agosto e do resíduo encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Dados de produção do mês de agosto de 2022

Referência	Tonelada/hora	Massa específica (kg/m ³)	Vol/hora (m ³ /h)	9 horas/dia (m ³ /dia)	24 dias de trabalho/mês (m ³ /mês)
Pó com <i>filler</i>	127	1673	75,91	683,20	16397
Brita ½	99	1558	63,54	571,89	13725
Brita 1	66	1621	40,72	366,44	8795
Pedrisco	81	1516	53,43	480,87	11541
Brita 2	62	1638	37,85	340,66	8176
Brita 3	450	1545	291,26	2621,36	62913
Pedra Rachão	78	1545	50,49	454,37	10905
				SOMA =>	132451

Fonte: Autoria Própria

Nota-se que a soma da Tabela 6 dá um número muito maior que a produção final total do mês de Agosto (Tabela 5) porque a pedreira só faz o cálculo de cada produto produzido separadamente, sem considerar que a pedra rachão, a brita 3 e, principalmente, a brita 2 (que é produzida para comercialização apenas de 15 em 15 dias devido a menor demanda) são reinseridas no processo para que sejam transformadas nos outros produtos de menor granulometria. Desta forma, há valores duplicados nesta soma, resultando neste número muito superior aos dados de produção total que vai para comercialização.

Se somarmos apenas os volumes produzidos de *Pó com filler*, Brita ½, Brita 1 e Pedrisco, a soma total é 50458 m³/mês. Este valor é muito mais próximo do total

produzido no mês de agosto, porém um pouco menor, já que não inclui a produção dos produtos de maior granulometria.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos laudos (ANEXO C) fornecidos pelo laboratório das análises das amostras coletadas em campo com os trabalhadores do Quadro 4 foi construída a Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados das análises das amostras coletadas enviado pelo laboratório

Setor	GHE	Cargo Amostrado	Tempo de amostragem (min)	Resultados			
				Volume de ar amostrado (m³)	Poeira Respirável (mg/m³)	Sílica Livre Cristalizada – Quartzo (mg/m³)	% de Sílica Livre Cristalizada
Logística Interna	Caminhão Truck	Motorista de Caminhão Truck	494 min	0,8398	0,183	<0,0012	<LQ
	Escavadeira Cabine Fechada	Operador de Escavadeira Cabine Fechada	440 min	0,7480	0,071	<0,0013	<LQ
	Pá Carregadeira	Operador de Pá Carregadeira	416 min	1,0400	0,054	<0,001	<LQ
Adm Pátio	Laboratório	Laboratorista	389 min	0,6613	0,708	0,0076	1,0684
	Liderança	Encarregado de Fogo Blaster	351 min	0,5967	0,111	<0,0017	<LQ
Produção e Britagem	Britagem Primária	Oficial de Britagem Primária	326 min	0,5542	0,733	0,009	1,2315
	Controle de Britagem	Oficial de Controle de Britagem	522 min	0,8874	6,183	0,0563	0,9112
Serviços de Apoio	Manutenção	Soldador	494 min	0,8398	0,924	<0,0012	<LQ
	Zeladoria	Faxineira	432 min	0,7344	0,08	<0,0014	<LQ

Fonte: Autoria Própria

Por LQ entende-se Limite de Quantificação e LD Limite de Detecção, ambos limites são correspondentes ao equipamento/método utilizado no laboratório para análise da sílica.

Nota-se que as bombas do Encarregado de fogo blaster, do Laboratorista e do Oficial de britagem primária encontram-se um pouco abaixo do tempo estipulado como ideal (396 minutos), podendo ter interferência no resultado destas amostras.

Vale ressaltar não há, na legislação, a indicação de tempo mínimo de coleta, sendo importante que a coleta seja representativa da exposição do avaliado.

Para determinação dos limites de tolerância determinados pela NR 15 de poeira respirável, é necessário utilizar a Equação 2, que utiliza a % de quartzo em seus cálculos, porém, conforme a Tabela 7, em apenas três amostras foi detectada a sílica acima do Limite de Qualificação: Nas amostras do Laboratorista, do Oficial de Britagem Primária e do Oficial de Controle de Britagem, e os resultados encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 - Comparação da análise de poeira respirável com a NR 15, LD e LQ

Cargo	Poeira Respirável (mg/m³)	Limite de tolerância da NR 15 (mg/m³)	LD (µg)	LQ (µg)
Laboratorista	0,708	2,60724	10	30
Oficial de Britagem Primária	0,733	2,47561	10	30
Oficial de Controle de Britagem	6,183	2,74797	10	30

Fonte: Autoria Própria

Por meio da Tabela 8 é possível notar que apenas a amostra do Oficial de Controle de Britagem apresentou limite de tolerância para Poeira Respirável acima dos limites estabelecidos pela NR 15.

Conforme já citado, para a ACGIH o limite de tolerância é um valor estipulado sem necessidade de aplicação de fórmulas. A comparação das amostras com detecção de sílica livre cristalizada com o L.T. da ACGIH encontra-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Comparação da análise de sílica livre cristalizada (quartzo) com a ACGIH, LD e LQ

Cargo	Sílica Livre			
	Cristalizada – Quartzo (mg/m³)	ACGIH (mg/m³)	LQ (µg)	LD (µg)
Laboratorista	0,0076	0,025	0,3333	1
Oficial de Britagem Primária	0,009	0,025	0,3333	1
Oficial de Controle de Britagem	0,0563	0,025	0,3333	1

Fonte: Autoria Própria

De acordo com a ACGIH, apenas o Oficial de Controle de Britagem encontra-se acima do limite de tolerância para Sílica Livre Cristalizada, como é possível observar na Tabela 9.

Para amostras sem detecção de sílica, não há previsão legal na legislação brasileira. Desta forma, pode-se comparar a fração de poeira respirável de todas as amostras com o limite de tolerância da ACGIH fixado em 3,0 mg/m³, conforme indicado na Tabela 10.

Tabela 10 – Comparação da análise de poeira respirável com a ACGIH, LD e LQ

Cargo	Poeira Respirável (mg/m³)	Limite de tolerância da ACGIH para poeiras respiráveis (mg/m³)	LD (µg)	LQ (µg)
Motorista de Caminhão Truck	0,183	3,0	10	30
Operador de Escavadeira Cabine Fechada	0,071	3,0	10	30
Operador de Pá Carregadeira	0,054	3,0	10	30
Laboratorista	0,708	3,0	10	30
Líder de Encarregado de Fogo Blaster	0,111	3,0	10	30
Oficial de Britagem Primária	0,733	3,0	10	30
Oficial de Controle de Britagem	6,183	3,0	10	30
Soldador	0,924	3,0	10	30
Faxineira	0,08	3,0	10	30

Fonte: Autoria Própria

De acordo com a determinação da ACGIH para amostras de poeira respirável, nenhuma das amostras além do Oficial de controle de britagem, excedeu o limite de tolerância estabelecido, como é possível observar na Tabela 10.

Apesar da ACGIH ter um limite mais restritivo que a NR 15 para sílica livre cristalina, neste caso, os resultados apontaram a mesma situação. Tanto para a NR

15, quanto para a ACGIH, apenas o Oficial de Controle de Britagem apresentou um valor acima dos limites de tolerância estabelecidos, qualificando assim, este setor e seu GHE como trabalho insalubre por apresentar concentrações de sílica nas partículas respiráveis maiores que as recomendadas. Além disso, para poeiras respiráveis, com ou sem detecção de sílica, apenas este mesmo cargo apresentou valores acima dos estabelecidos pelo limite de tolerância da ACGIH. Quando os limites são ultrapassados pode apresentar efeitos adversos para estes trabalhadores.

Pode-se comparar os resultados obtidos com os valores estudados por Bertolino, Nobre e Moraes (2020) em uma pedreira de Minas Gerais, onde nenhuma amostra coletada esteve acima do nível permitido pela ACGIH e pela NR 15, apesar das amostras terem sido coletadas em dois setores: Operador de britagem e Operador de máquina.

Apesar de apenas três amostras terem detectado a presença da sílica e somente uma amostra ter apresentado valores acima dos estabelecidos pelas normas, é indispensável que o estabelecimento siga refazendo os testes periodicamente e que todos os trabalhadores, independente do setor, utilizem os equipamentos de proteção adequados devido aos danos a saúde provocados pelas doenças ocupacionais típicas destas atividades.

6 RECOMENDAÇÕES

Existem algumas medidas que podem ser tomadas para evitar a geração de material particulado (poeira) no processo, que afeta a qualidade do ar e, conseqüentemente, impacta na saúde do trabalhador e vizinhança ao empreendimento.

Segundo Takahashi (2019), há dois principais métodos para diminuir a quantidade de material particulado no processo. O primeiro consiste na utilização um Filtro de Mangas, que é usado juntamente com um Exaustor Centrífugo, que enclausuram os pontos com maior índice de dispersão de material particulado, retirando esse material suspenso no ar por meio de uma tubulação, filtrando-o e depositando o resíduo em pilhas de depósitos para posterior destinação. O segundo compreende em pulverizar partículas de água nos pontos do empreendimento com maior dispersão de material particulado, aumentando a densidade desse material ao se aderirem à água e fazendo o mesmo cair por gravidade, possibilitando que seja retirado por pás carregadeiras e levados até a destinação adequada.

Neto *et al.* (2010) sugerem algumas medidas de controle, entre elas ressaltam também como uma das melhores formas de controle a utilização de água nos equipamentos e operações que produzem poeira, como por exemplo na perfuratriz, conforme ilustrado na Figura 33.

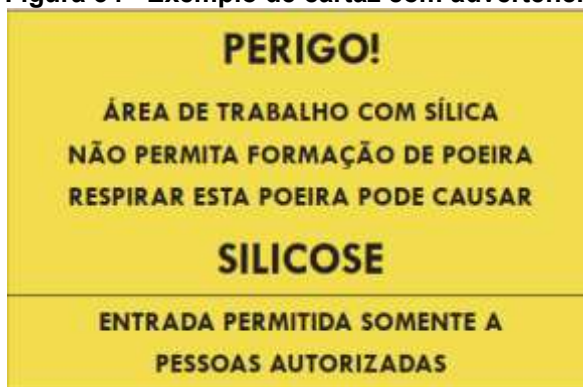


Fonte: Neto *et al.* (2010)

Além da umidificação, outras medidas sugeridas pelos autores para controle da poeira são:

- Manter o local de trabalho limpo sem o uso de vassouras para não espalhar o resíduo;
- Sinalizar com cartazes todos os locais que possam haver presença de poeira de sílica conforme mostrado na Figura 34;

Figura 34 - Exemplo de cartaz com advertência



Fonte: Neto *et al.* (2010)

- Avaliação periódica da quantidade de poeira que pode ser respirada pelo trabalhador por meio de monitoramento ambiental;
- Fornecimento de uniformes que não retenham poeira, sem bolsos ou pregas, bocais de aspiração para retirada do resíduo no uniforme, armários duplos para guardar as roupas de trabalho separadamente das roupas de uso comum e um local sem poeira, fora da área de produção para almoço, lanche ou café;
- Realização de exames médicos admissionais, periódicos e demissionais, fornecendo os resultados aos funcionários;
- Diminuição do tempo de permanência dos funcionários nos locais com poeiras, reduzindo assim sua exposição;
- Realizar treinamentos periódicos para orientar os trabalhadores a respeito de informações sobre os riscos das atividades exercidas, procedimentos para tornar o trabalho mais seguro e a importância das medidas de controle coletivas e individuais e seu uso correto.

Outra medida que Neto *et al.* (2010) chamam atenção é sobre o uso de proteção respiratória conforme o PPR – Programa de Proteção Respiratória (FUNDACENTRO, 2016), que traz recomendações que garantem que o usuário de

equipamento de proteção respiratória esteja utilizando a mesma adequadamente e que esteja com a vedação eficiente de partículas para proteger contra a inalação de contaminantes nocivos ou de ar com deficiência de oxigênio. O protetor deve ser adequado à quantidade de poeira do ambiente e à condição de trabalho, conforme ilustrado na Figura 35 e a empresa deve substituir os protetores danificados e trocar os filtros conforme a necessidade.

Figura 35 – Uso do protetor respiratório adequado



Fonte: Neto et al. (2010)

A FUNDACENTRO (2016) ressalta também a importância do trabalhador usar o protetor respiratório durante todo o tempo em que estiver na área de trabalho para garantir a eficiência de proteção, como ilustrado na Figura 36.

Figura 36 – Uso adequado do protetor respiratório



Fonte: Neto et al. (2010)

É importante destacar a importância da destinação ambientalmente adequada do *filler* como resíduo ao final do processo e também do investimento por parte do empreendedor em estudos acerca da transformação do resíduo em produtos e tecnologias que possibilitem o reaproveitamento do mesmo, já que segundo a PNRS (BRASIL, 2010, p. 15), a ordem de prioridade a ser seguida na gestão de resíduos sólidos é: “não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”. E por reutilização entende-se “processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes”, e uma maneira de fazer isso é transformando o resíduo em produto.

Como citado anteriormente, há alguns estudos recentes acerca da rochagem, que é a utilização do *filler* para melhora da fertilidade dos solos na agricultura. Groth *et al.* (2017), por exemplo, comprovou a eficiência da aplicação do pó de basalto em pés de alface ao observar que o *filler*, além de suprir as necessidade minerais do solo, reduziu em 50% a incidência de insetos quando comparado à amostra sem a aplicação do mesmo.

Outra maneira de reutilizar este, até então, resíduo é utilizando-o na construção civil, na substituição da areia natural pela areia de britagem. Porém, neste caso, devem ser observadas as proporções a serem utilizadas devido a alta solubilização deste pó. Santos (2017) obteve resultados que mostraram que a composição das argamassas de revestimento é viável com substituição na proporção de 50% de areia de britagem e 50% de areia de extração.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do estudo realizado foi possível analisar, qualificar e quantificar o *filler* de uma pedreira de lavra de basalto na região de Londrina – PR e o impacto deste resíduo no meio ambiente, na saúde do trabalhador e sua vizinhança.

Nas visitas a campo observou-se que a poeira derivada do processo de britagem esteve presente em todos os setores. Porém, as análises feitas identificaram o cargo que obteve presença significativa de sílica livre cristalizada como o Oficial de controle de britagem, seguido pelo Oficial de britagem primária e pelo Laboratorista, uma vez que os oficiais de britagem estão mais expostos à poeira no momento da quebra das rochas e o laboratorista por conta do manuseio do material.

Apesar disto, apenas o Oficial de controle de britagem apresentou concentração do agente acima do determinado pela NR 15, já que o limite de tolerância calculado para a norma foi de $2,748\text{mg/m}^3$ e o valor amostrado para poeira respirável foi de $6,183\text{mg/m}^3$, e pela ACGIH, que tem o valor de limite de tolerância para poeiras respiráveis fixado em $3,0\text{ mg/m}^3$ e para poeiras contendo sílica livre cristalizada em $0,025\text{mg/m}^3$ e o valor amostrado para este parâmetro foi de $0,0563\text{mg/m}^3$. Esta constatação não significa que as atividades em que a concentração de sílica esteve dentro das normas são seguras.

Conforme citado, a produção e britagem foi o setor com o GHE com maior exposição à sílica livre cristalizada, fazendo com que os trabalhadores destes cargos tenham maior risco ocupacional que os demais, se qualificando como um trabalho insalubre. Por estas atividades serem realizadas a céu aberto, também acabam impactando de forma mais significativa o meio ambiente.

Dentre as recomendações citadas, a mais eficiente e imediata seria a umidificação do processo. Desde trocar a perfuração a seco pela perfuração úmida, até a pulverização de água nas instalações de britagem e nas vias de transporte dentro da pedreira. Pode-se citar também o treinamento e fiscalização quanto ao uso adequado dos EPIs, uma vez que nas visitas *in loco* ao empreendimento estudado observou-se a ausência do uso de máscaras respiratórias e óculos de proteção, mesmo com a existência de placas sinalizando o uso dos mesmos.

Estas medidas controlam a emissão de material particulado no ar, ajudando a controlar os riscos inerentes ao meio ambiente e também evitam que os trabalhadores sejam acometidos pela silicose, doença pulmonar crônica, incurável e irreversível, que

pode trazer sérios riscos à saúde do trabalhador e comunidade ao entorno, podendo levar a óbito.

Diante deste contexto é necessário ressaltar a importância da atuação do engenheiro ambiental e sanitarista, bem como outros profissionais da área, para a realização de estudos mais aprofundados sobre a transformação do resíduo da mineração de basalto, o *filler*, em produto para comercialização a fim de minimizar o efeito negativo que este agente exerce no meio ambiente e na saúde do trabalhador e população que vive aos arredores destes empreendimentos. Também é imprescindível que haja maior fiscalização por parte do Estado para verificar se os resíduos da atividade são dispostos e armazenados adequadamente, evitando maiores prejuízos.

Por fim, espera-se que os resultados obtidos neste estudo possam contribuir para a gestão ambiental de pedreiras, além dos cuidados necessários para diminuir ao máximos os riscos à saúde dos trabalhadores deste setor.

REFERÊNCIAS

ALOVISI; *et al.* ROCHAGEM COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA A FERTILIZAÇÃO DE SOLOS. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. -, p. 918-932, maio 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Cleidimar-Cassol/publication/342800773_ROCHAGEM_COMO_ALTERNATIVA_SUSTENTAVEL_PARA_A_FERTILIZACAO_DE_SOLOS/links/5f067590a6fdcc4ca4599477/ROCHAGEM-COMO-ALTERNATIVA-SUSTENTAVEL-PARA-A-FERTILIZACAO-DE-SOLOS.pdf. Acesso em: 27 maio 2022.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS — **TLVs e BELs Threshold Limit Values and Biological Exposure** — ACGIH. Tradução ABHO (Associação de Higienista Ocupacional). São Paulo, 2013.

ANEPAC – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS ENTIDADES DE PRODUTORES DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO. **Agregados**. Disponível em: <https://www.anepac.org.br/>. Acesso em: 22 nov. 2021.

AREIA E BRITA. [S. L.]: Anepac - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados Para Construção, v. 77, dez. 2021. Anual. Disponível em: <https://www.anepac.org.br/publicacoes/revista-areia-e-brita/item/489-edicao-77-dezembro-2021>. Acesso em: 08 jan. 2022.

AREIA E BRITA. [S. L.]: Anepac - Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados Para Construção, v. 78, set. 2022. Anual. Disponível em: <https://www.anepac.org.br/publicacoes/revista-areia-e-brita/item/500-edicao-78-setembro-2022>.

ASA INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO. **Amostradores de Gases Vapores e Poeiras**. Disponível em: <https://www.asainstrumento.com.br/seguranca-do-trabalho/amostradores-de-gases-vapores-e-poeiras/amostradores>. Acesso em: 02 jun. 2022.

AZEVEDO, Roberta Guio; SCHÜTZ, Gabriel Eduardo. Silicose nas pedreiras: a sutil diferença entre conhecer e adoecer. Intervenções em saúde do trabalhador na exploração de rochas ornamentais. **Cadernos Saúde Coletiva**, [S.L.], v. 1, n. 29, p. 67-76, 30 abr. 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1414-462x202129010081>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cadsc/a/XBWv7R6sVXWPjdSbnCRTkXk/?lang=pt>. Acesso em: 21 nov. 2021.

BERTOLINO, Joselane Ramos Magalhães; NOBRE, Sávila Batista; MORAES, Danilo Souza Dias de. AVALIAÇÃO DE RUÍDO AMBIENTAL E POEIRA OCUPACIONAL EM UMA PEDREIRA NA CIDADE DE MIRABELA – MINAS GERAIS. **Revista Tocantinense de Geografia**, Araguaína, v. 9, n. 17, p. 20-31, jan-abr 2020. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/304913947.pdf>. Acesso em: 02 set. 2022.

BERTOLINO; *et al.* **Da Rio 92 à Rio+20: o CETEM e a pesquisa sustentável dos recursos minerais** - Parte 3. Rio de Janeiro: CETEM, 2012. Disponível em: <<http://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/2105>>.

BONUCCI, Felipe Thadeu. **Avaliação da Exposição Ocupacional a Sílica Respirável em Trabalhadores de uma Pedreira**. 2019. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

BRASIL, Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral**: 2015. Brasília: DNPM, 2016.

BRASIL, Lei N° 12.305 de 02 de agosto de 2010 - **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15 – Atividades e Operações Insalubres**. Brasília, 2021.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 4 – Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho**. Brasília, 2018.

COLA, G. P. A.; SIMÃO, J. B. P. ROCHAGEM COMO FORMA ALTERNATIVA DE SUPLEMENTAÇÃO DE POTÁSSIO NA AGRICULTURA AGROECOLÓGICA. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 01 - 08, 13 Mar. 2012.

DIAS; *et al.* **Atenção à saúde dos trabalhadores expostos à poeira de sílica e portadores de silicose**: pelas equipes da Atenção Básica/Saúde da Família: protocolo de cuidado. Nescon/UFMG, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://renastonline.ensp.fiocruz.br/sites/default/files/arquivos/recursos/protocolo_si_cicose_ab.pdf>. Acesso em: 04 mai. 2022.

EL-HAGGAR, S.M. **Sustainable Industrial Design and Waste Management**. 1 st edition. Burlington: Elsevier Ltd., 2007.

FAGUNDES, Gilmar; ZANELATO, Maria Aparecida. **SILICOSE: DOENÇA PULMONAR OCUPACIONAL NO TRABALHADOR DE MINERAÇÃO**. 2006. 11 f. Monografia (Especialização) - Curso de Enfermagem, Univali, Balneário Camboriú, 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Eduardo-Miranda-2/publication/273423519_Respiratory_effects_of_silica_inhalation_among_marble_industry_workers/links/5bc623f6299bf17a1c55cabd/Respiratory-effects-of-silica-inhalation-among-marble-industry-workers.pdf. Acesso em: 04 maio 2022.

FEDERLE; *et al.* **INFECTOLOGIA: BASES EPIDEMIOLÓGICAS E CLÍNICAS**: a prevalência de internações e óbitos por pneumoconiose no Brasil entre 2010-2019. Brasil: Científica Digital, 2021. 180 p. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/210303898.pdf>. Acesso em: 04 maio 2022.

FERNANDES; *et al.* Poluição atmosférica e efeitos respiratórios, cardiovasculares e reprodutivos na saúde humana. **Revista médica de Minas Gerais**, 20(1)jan.-mar. 2010. Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, 2010.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. 17.ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO. **PPR**: Programa de Proteção Respiratória. 4 ed. São Paulo: Ministério do Trabalho, 2016. 209 p.

FUNDACENTRO, Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Agentes Ambientais na Moagem de Pedras de Mármore no Município de Cachoeiro de Itapemirim-ES e Região e seus Impactos na Saúde dos Trabalhadores**: Relatório Técnico. Vitória. 2015.

FUNDACENTRO, **NHO 08**. Coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho. São Paulo, 2009.

GROTH, M. Z.; BELLÉ, C.; BERNARDI, D.; BORGES FILHO, R. C. Pó-de-basalto no desenvolvimento de plantas de alface e na dinâmica populacional de insetos. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 4, p. 433-440, 2017.

IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Mineração do Brasil**. Disponível em: <https://ibram.org.br/>. Acesso em: 22 nov. 2021.

IDEAL. **CASELLA TUFF SERIES**. Disponível em: <http://www.casellameasurement.com/>. Acesso em: 02 jun. 2022.

INSTRUTHERM. **MANUAL DE INSTRUÇÕES CALIBRADOR PARA BOMBAS DE AMOSTRAGEM MODELO DEFENDER-530M**. Disponível em: https://www.instrutherm.com.br/media/catalog/product/d/e/defender_530m.pdf. Acesso em: 02 jun. 2022.

LEIDEL, N. A.; BUSH, K. A.; LYNCH, J. R. **Occupational exposure sampling strategy manual Cincinnati: NIOSH**. Department of Health, Education and Welfare, Public Health Service, Centers for Disease Control, 1977.

LEITE, Colete Alexandrina Faure. **UM TRABALHO CRAVADO NOS PULMÕES**: a doença do “pó da pedra” inscrita no território. 2020. 56 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Psicologia, Universidade do Porto, Porto, 2020. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/129697/2/426723.1.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2021.

LUZ, Adão Benvindo da; ALMEIDA, Salvador Luiz M. de. **Manual de Agregados para Construção Civil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Cetem, 2012. 413 p.

LUZ; *et al.* Silicose em ex-mineiros de extração de cobre. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 16, p. 3421-3426, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232011000900009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 04 Mai. 2022. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232011000900009>.

MAGALHÃES, Leandro. **Quais os limites de tolerância para poeira mineral em ambiente de trabalho?** 2018. Disponível em: <https://www.analyticsbrasil.com.br/blog/quais-os-limites-de-tolerancia-para-poeira-mineral-em-ambiente-de-trabalho/>. Acesso em: 05 maio 2022.

MARTINS, Sérgio Pinto. **Direito do Trabalho**. 28. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

MEDEIROS; *et al.* **AVALIAÇÃO DA FUNÇÃO PULMONAR EM TRABALHADORES DA CONSTRUÇÃO CIVIL.** CATUSSABA-ISSN 2237-3608, v. 4, n. 1, p. 69-76, 2014.

MELO; *et al.* **Higiene e Segurança do Trabalho.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

MENDES; *et al.* **SIMULAÇÃO DE ANÁLISE DE INVESTIMENTO PARA INSTALAÇÃO DE UMA PEDREIRA NO MUNICÍPIO DE CATALÃO/GO. Tecnologia em Metalurgia Materiais e Mineração**, [S.L.], v. 16, n. , p. 478-484, nov. 2019. Editora Cubo. <http://dx.doi.org/10.4322/2176-1523.20191793>. Disponível em: <https://tecnologiamm.com.br/article/10.4322/2176-1523.20191793/pdf/tmm-16-4-478.pdf>. Acesso em: 22 out. 2021.

MESAVILLA, Débora Thais (Passo Fundo). **Sabes quais são as principais utilizações de agregados da construção civil?** 2017. Disponível em: <https://mbgeologia.com.br/index.php/novidades/detalhe/31/sabes-quais-sao-as-principais-utilizacoes-de-agregados-da-construcao-civil>. Acesso em: 01 fev. 2022.

METEOBLUE. **Arquivo meteorológico Londrina.** Disponível em: https://www.meteoblue.com/pt/tempo/historyclimate/weatherarchive/londrina_brasil_3458449?fcstlength=1m&year=2022&month=10. Acesso em: 16 dez. 2022.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. **NIOSH 7500: SILICA, CRYSTALLINE, by XRD (filter redeposition).** 4 ed. Usa: Manual Of Analytical Methods (Nmam), 2003. 9 p. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/7500.pdf>. Acesso em: 28 maio 2022.

NETO; *et al.* **Sílica: Manual do Trabalhador.** 2. ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 2010.

NICHELE, E.R. **Utilização de minerais no desenvolvimento de plantas e na mitigação de odores em criações animais confinadas.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Lages: UDESC, 2006.

OLIVEIRA, Poliana Lucila; LUZ, Marta Pereira da; ECHEVERRÍA, Agustina Rosa. **O TRABALHADOR DA INDÚSTRIA DA MINERAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA E O SEU AMBIENTE PRODUTIVO: DIAGNÓSTICO PARA A SUGESTÃO DE METODOLOGIAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL.** 2000. 12 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008. Disponível em: <http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viiienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/1452.pdf>. Acesso em: 04 set. 2021.

PEREIRA, Isabel Cristina Cruz. **Análise de Acidentes de Trabalho em Pedreiras: principais causas e circunstâncias.** 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Segurança e Saúde no Trabalho, Escola Superior de Ciências Empresariais, Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2009. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/4624/1/Mestrado%20Revisto4.pdf>. Acesso em: 04 set. 2021.

REGGIO, Alfredo. **FILLER: UM PRODUTO VERSÁTIL PARA ALAVANCAR A INDÚSTRIA DE AGREGADOS**. 2021. Disponível em: <https://agregadosonline.com.br/filler-produto-alavancar-industria-agregados/#:~:text=Considerado%20um%20produto%20natural%2C%20limpo,ac%C3%BAmulo%20de%20res%C3%ADduos%20nas%20pedreiras>. Acesso em: 01 fev. 2022.

RIBEIRETE, Camylla S. **Aplicação do sistema de gestão ambiental em empresas, estudo de caso da mineradora ICA – Ibiporã/PR**. 2013. Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharel em Engenharia Ambiental, apresentado para a Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2013.

SANTOS, Tiago Foppa dos. **Substituição da Areia Natural por Areia de Britagem de Rochas Basálticas para Argamassas de Assentamento**. 2017. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2017. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/e95d241f-17a2-4ffd-a3a1-d85af96e0728/content>. Acesso em: 13 Não é um mês valido! 2022.

SBRIGHI, Cláudio. **FILLER: UM PRODUTO VERSÁTIL PARA ALAVANCAR A INDÚSTRIA DE AGREGADOS**. 2021. Disponível em: <https://agregadosonline.com.br/filler-produto-alavancar-industria-agregados/#:~:text=Considerado%20um%20produto%20natural%2C%20limpo,ac%C3%BAmulo%20de%20res%C3%ADduos%20nas%20pedreiras>. Acesso em: 01 fev. 2022.

SILVA, Bruna Ohana da. **ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE INSALUBRIDADE POR EXPOSIÇÃO A POEIRA SÍLICA DOS TRABALHADORES DE UMA EMPRESA DE FABRICAÇÃO DE ARGAMASSA**. 2017. 40 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/18156>. Acesso em: 18 fev. 2022.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO LITORAL PAULISTA (SUDELPA). **ABC da mineração**: aspectos legais e tributários. São Paulo, 1986.

TAKAHASHI, Danilo S. **Abatimento de pó em pedreiras por pulverização à água**: Dimensionamento da rede. 2020. 49f. Tese de graduação em bacharelado em Engenharia mecânica – Universidade tecnológica federal do Paraná. Guarapuava, 2020.

TASCA, Anthony Lawrence Correa. **Perfil Epidemiológico da Pneumoconiose no Brasil entre 2007-2016**. 2020. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Medicina, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.

TOSCAN, Luciano; KAUTZMANN, Rubens Müller; SABEDOT, Sydney. O rejeito da mineração de basalto no nordeste do Estado do Rio Grande do Sul: diagnóstico do problema. **Rem**: Revista Escola de Minas, [S.L.], v. 60, n. 4, p. 657-662, dez. 2007. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0370-44672007000400011>.

VALVERDE, F.M. Agregados para construção civil. **Revista Balanço Mineral Brasileiro**. Brasília, p.15-30, 2001.

**ANEXO A - Anexo nº 12 – Limites de Tolerância para Poeiras Minerais - Sílica
da NR 15 - Atividades e Operações Insalubres, de 08 de junho de 1978**

ANEXO N.º 12
LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA POEIRAS MINERAIS

SÍLICA LIVRE CRISTALIZADA

(Incluído pela Portaria DNSST n.º 08, de 05 de outubro de 1992)

1. O limite de tolerância, expresso em milhões de partículas por decímetro cúbico, é dado pela seguinte fórmula:

$$L.T. = \frac{8,5}{\% \text{ quartzo} + 10} \text{ mppdc (milhões de partículas por decímetro cúbico)}$$

Esta fórmula é válida para amostras tomadas com impactador (*impinger*) no nível da zona respiratória e contadas pela técnica de campo claro. A percentagem de quartzo é a quantidade determinada através de amostras em suspensão aérea.

2. O limite de tolerância para poeira respirável, expresso em mg/m³, é dado pela seguinte fórmula:

$$L.T. = \frac{8}{\% \text{ quartzo} + 2} \text{ mg/m}^3$$

3. Tanto a concentração como a percentagem do quartzo, para a aplicação deste limite, devem ser determinadas a partir da porção que passa por um seletor com as características do Quadro n.º 1.

QUADRO N.º 1

Diâmetro Aerodinâmico (um) (esfera de densidade unitária)	% de passagem pelo seletor
menor ou igual a 2	90
2,5	75
3,5	50
5,0	25
10,0	0 (zero)

4. O limite de tolerância para poeira total (respirável e não - respirável), expresso em mg/m³, é dado pela seguinte fórmula:

$$L.T. = \frac{24}{\% \text{ quartzo} + 3} \text{ mg/m}^3$$

5. Sempre será entendido que "Quartzo" significa sílica livre cristalizada.

6. Os limites de tolerância fixados no item 5 são válidos para jornadas de trabalho de até 48 (quarenta e oito) horas por semana, inclusive.

Este texto não substitui o publicado no DOU

6.1. Para jornadas de trabalho que excedem a 48 (quarenta e oito) horas semanais, os limites deverão ser deduzidos, sendo estes valores fixados pela autoridade competente.

7. Fica proibido o processo de trabalho de jateamento que utilize areia seca ou úmida como abrasivo. *(Incluído pela Portaria SIT n.º 99, de 19 de outubro de 2004)*

8. As máquinas e ferramentas utilizadas nos processos de corte e acabamento de rochas ornamentais devem ser dotadas de sistema de umidificação capaz de minimizar ou eliminar a geração de poeira decorrente de seu funcionamento. *(Aprovado pela Portaria SIT n.º 43, de 11 de março de 2008)*

**ANEXO B - Certificado de Calibração e Relatório de Ensaio das bombas
usadas para amostragem**

RBC - Rede Brasileira de Calibração

Certificado de Calibração

Certificate of Calibration

Certificado Nº : 124.237 2ª Via

Página 1 de 2

Laboratório de Vazão

Dados do Cliente:

Nome: Asst - Assessoria Em Sistema de Segurança do Trabalho Ltda
Endereço: R. Maria Ana de Lurdes, 406
Cidade: Londrina
Estado: PR
CEP: 86073-210

Dados do Instrumento Calibrado:

Nome: Medidor de Vazão Volumétrica de Gás a Baixa Pressão
Marca: BIOS
Modelo: Defender 510-M
Nº. de Série: 118319
Nº de Série do Bulbo: Não consta
Nº Patrimônio: Não consta
Nº de Identificação: Não consta
Faixa Calibrada: 0,05 à 4,0 dm³/min
Unidade de Medição: L/min
Nº. de Processo: 45575
Data da Calibração: 22/04/2021
Data da Emissão: 23/11/2022



Procedimento Utilizado:

Procedimento operacional de calibração PRO-MEV-1800 Rev.00

Padrões Utilizados:

Nome	Nº Identificação	Nº Certificado	Rastreabilidade	Data de Vencimento
Barômetro Digital	TAG 272	122.170	RBC	08-Fev-2022
Termohigrômetro	TAG 272	115.033	RBC	27-Abr-2021
Medidor de Vazão Digital (0,050 à 5,000 dm³/min)	TAG 0466	181 695 - 101	RBC	11-Nov-2021
Medidor de Vazão Digital (0,300 à 30,00 dm³/min)	TAG0044	176 807-101	RBC	05-Mai-2021

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO ACREDITADO PELA CGCRE DE ACORDO COM A ABNT NBR ISO/IEC 17025 SOB O NÚMERO 258

A CGCRE é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da ILAC - Cooperação Internacional de Acreditação de Laboratórios.
A CGCRE é signatária do Acordo de Reconhecimento Mútuo da IAC - Cooperação Interamericana de Acreditação.
O teste ou reparo quando realizado não faz parte do escopo da acreditação do laboratório. Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCRE que avalia a competência do laboratório e compromete sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI). O certificado de calibração poderá ser reproduzido desde que seja legível, na forma integral e sem nenhuma alteração. Os resultados apresentados neste certificado aplicam-se somente ao item calibrado e não se estendem aos instrumentos da mesma marca, modelo ou lote de fabricação. A incerteza expandida de medição declarada (U95,95) foi estimada para um nível de confiança de 95,95 %. Este cálculo da incerteza é baseado no fator de abrangência (k) obtido através dos graus de liberdade efetivos (u_eff) e tabela t-student.

Chrompack Inst. Cient. Ltda

Av. Eng.ª Saraya de Oliveira, 405 - 05741-200 - Jd. Taboão - São Paulo - SP - Brasil

Fone: 55 11 3384-9320 - www.chrompack.com.br





Certificado de Calibração

Certificate of Calibration

Certificado Nº : 124.237 2ª Via

Página 2 de 2

Dados Obtidos:

Padrão		Instrumento sob Calibração		
VR dm ³ /min	VI dm ³ /min	Erro dm ³ /min	k	U95,45
0,0501	0,0509	0,0008	2,01	1,5%
0,1944	0,2002	0,0058	2,01	1,4%
0,4901	0,5013	0,0112	2,01	1,4%
1,0536	1,0615	0,0079	2,01	1,5%
2,0201	2,0315	0,0114	2,01	1,5%
4,0115	4,0331	0,0216	2,01	1,5%

AJUSTE E REPARO NÃO FAZEM PARTE DO ESCOPO DE ACREDITAÇÃO DESTE LABORATÓRIO

Legenda:

VR: Valor de Referência	k: Fator de Abrangência	U95,45: Incerteza da Medição	VI: Vazão indicada
-------------------------	-------------------------	------------------------------	--------------------

Observações:

- ☒ Condições ambientais:
Temperatura: 24,0°C
Umidade relativa média: 61,2%UR
Pressão atmosférica: 930,1mbar
- ☒ Anotação de Responsabilidade Técnica – ART 28027230200540653 / CREA-SP.
- ☒ Este certificado é uma 2ª Via solicitado pelo cliente.

Responsável pela calibração e
Signatário autorizado:

Renato Goulart

RBLE - Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios

Relatório de Ensaio

Test Report

Relatório Nº : 103.719

Página 1 de 2

Laboratório de Vazão

Dados do Cliente:

Nome: A5ST - Assessoria em Sistema de Segurança do Trabalho Ltda
Endereço: R. Maria Ana de Lurdes, 406
Cidade: Londrina
Estado: PR
CEP: 86073-210

Dados do Instrumento de Ensaio:

Nome: Bomba de Amostragem
Marca: Casella
Nº. de Série: 3086036
Nº Patrimônio: Não Consta
Nº. de Processo: 39124

Modelo: Apex2
Faixa de Ensaio: 1,000 -3,000 L/min
Nº de Identificação: Não Consta
Data de Ensaio: 17/04/2019



Procedimento Utilizado:

Procedimento operacional para ensaio em bomba de amostragem PRO-BDA-1900 Rev.01

Padrões Utilizados:

Nome	Nº Identificação	Nº Certificado	Data de Vencimento
Barômetro Digital	TAG 380	LV00489-23171-18-R0	21/ago/19
Termohigrômetro	TAG 380	097.945.	05/set/19
Medidor de Vazão Digital (0,05 a 5,00 dm³/min)	TAG 0367	167 236-101	06/ago/19
Vacuômetro Digital	TAG 0103	CAL-161900/18	11/jul/19

Condições Ambientais:

Temperatura:
20,9 °C

Umidade Relativa:
61,7 %UR

Pressão Atmosférica:
929,3 hPa

Relatório de Ensaio

Test Report

Relatório Nº : 103.719

Página 2 de 2

Resultados Obtidos:

Ensaio de Linearidade dm ³ /min			
Vazão Referência	Desvio Padrão	U95,45%	k
3,014	0,006	0,19	2,00
2,037	0,003	0,13	2,00
1,063	0,002	0,09	2,00

Ensaio de Compensação de Fluxo					
Vazão BDA em Ensaio	Carga BDA Inf. Fabricante	Carga BDA Inf. Fabricante	Erro Máximo Permitido	Fluxo Encontrado Carga Inf. Fabricante	Erro Encontrado
3,014	39,0	9,71	5,0	3,030	0,5
2,036	50,0	12,45	5,0	2,021	-0,7
1,058	50,0	12,45	5,0	1,064	0,6
(dm ³ /min)	(inH ₂ O)	kPa	%	(dm ³ /min)	%

Ensaio de Compensação de Fluxo (Parâmetro Erro Máximo)			
Fluxo Enc. na Carga	Carga BDA Encontrada	Carga BDA Encontrada	Erro Encontrado (%)
3,025	39,0	9,71	0,4
2,009	50,0	12,20	-1,3
1,063	50,0	12,20	0,5
(dm ³ /min)	(inH ₂ O)	kPa	%

k: Fator de Abrangência	U95,45: Incerteza da Medição
-------------------------	------------------------------

Observações:

☒ Relatório de ensaio assinado Eletronicamente.

Signatário autorizado:



Renato Souza Goulart

**ANEXO C - Relatório de Análise do Laboratório para amostra do Oficial de
Controle de Britagem**



Relatório de Análise - Nº 81877274-5

1 - IDENTIFICAÇÃO DO CLIENTE

Contratante: ASST ASSESSORIA EM SISTEMAS DE SEGURANCA DO TRABALHO LTDA
Endereço: R MARIA ANA DE LURDES,406 - LEONOR - LONDRINA | PR
Responsável pela Solicitação: EDIPO HENRIQUE DA SILVA
Empresa avaliada:
Endereço:

2 - IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Tipo de amostra: AR ATMOSFÉRICO COLETADO NA REGIÃO RESPIRATÓRIA DO TRABALHADOR
Nº identificação da amostra: ----- **Data do Recebimento da Amostra:** 01/11/2022
Nº do Amostrador: PVCD75A16 **Nº do Branco de Campo:** -----
Descrição do Amostrador: CASSETE DE POLIESTIRENO DE 37 mm, DE DUAS SEÇÕES, COM FILTRO DE PVC COM POROSIDADE DE 5 µm - PRÉ-PESADO

Informações da amostragem *

Data da Amostragem: 24/10/2022 **Tempo de Amostragem (H):** 8:42:00
Vazão Média da Bomba: 1,700 L/Min **Volume de Ar Amostrado:** 0,8874 m³
Funcionário avaliado: **Função:** OFICIAL DE BRITAGEM
Sector: PAINEL DE CONTROLE BRITAGEM
Responsável pela Amostragem: ENG. EDIPO SILVA

(*) Informações fornecidas pelo cliente solicitante da análise. Os resultados foram calculados em função do volume de ar amostrado (fornecido pelo responsável da amostragem).

3 - MÉTODO (s)

NIOSH 0600-GRAVIMETRIA | NIOSH 7500-DIFRAÇÃO DE RAIOS-X | SiO2(%) - CALCULO % SÍLICA LIVRE CRISTALIZADA

4 - RESULTADO (s) CONCENTRAÇÃO**

Data do processamento da análise: 12/11/2022

Agente Químico	Unidade	Resultado	Limites de Exposição					LD (µg)	LQ (µg)
			NR 15		ACGIH 2022				
			MP 8h	Teto	TWA	STEL	Ceiling		
Poeira Respirável	mg/m³ (R)	6,183	2,74797	-	-	-	-	10	30
Sílica Livre Cristalizada (Quartzo)	mg/m³ (R)	0,0563	-	-	0,025	-	-	0,3333	1
% Sílica Livre Cristalizada	%	0,9112	-	-	-	-	-	-	-

(**) NOTAS:

- Os resultados apresentados neste documento têm aplicação restrita somente na(s) amostra(s) analisada(s).
- A reprodução deste documento só poderá ser feita integralmente e sem nenhuma alteração. Qualquer alteração necessária deverá ser solicitada ao laboratório UniAnalysis.
- Os Limites de Exposição Ocupacionais são demonstrados apenas para fins de referência. É de responsabilidade do cliente solicitante a utilização dos mesmos apropriados à finalidade de avaliação. Não é de responsabilidade do laboratório a interpretação do tempo de coleta em relação aos limites;
- A amostragem é de total responsabilidade do cliente;
- O resultado precedido do sinal de menor "<" significa que não foi detectado o agente químico acima do limite de quantificação.

SIGLAS:

- PNOS: Limite de exposição aplicável a partículas que: Não tenham um limite de exposição(TLV®) aplicável; Sejam insolúveis ou de baixa solubilidade em água (ou, preferencialmente, nos fluidos aquosos do pulmão, se houver dados disponíveis); e Tenham baixa toxicidade (isto é, não sejam citotóxicas, genotóxicas, ou quimicamente reativas de outra forma como tecido pulmonar, e não emitam radiação ionizante, causem imunossensibilização, ou outros efeitos tóxicos que não sejam a inflamação ou o mecanismo de "sobrecarga pulmonar");
- A expressão "LQ" significa Limite de Quantificação e "LD" significa Limite de Detecção. Ambos limites são correspondentes ao equipamento/método utilizado no laboratório para análise do agente em questão.
- "-": Não aplica limite de exposição;
- "MP": Média Ponderada de 8 horas; TWA: Média ponderada no tempo, de 8 horas; STEL: Limite para exposição de curta duração
- (R): Fração respirável, conforme Anexo C, parágrafo C da ACGIH;
- (I): Fração inalável, conforme Anexo C, parágrafo A da ACGIH;
- (T): Fração torácica, conforme Anexo C, parágrafo B da ACGIH;
- ppm = parte por milhão; mg/m³ = miligrama por metro cúbico; µg = micrograma; "<LQ" = abaixo do LQ; f/cc = Fibra por centímetro cúbico.

Observações: MATERIAL PARTICULADO DESPRENDIDO DA MEMBRANA

