



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Relatório de Estágio

**Avaliação dos parâmetros ocupacionais de risco: ruído, vibrações, poeiras e
gases**

Estudo de caso: Indústria de Cimentos

Discente: Leonésia Marta Afonso Pelembe

Supervisor: Professor Doutor Eng.º António Cumbane

Maputo, Junho de 2023

Discente:

Leonésia Marta Afonso Pelembe

Avaliação dos parâmetros ocupacionais de risco: ruído, vibrações, poeiras e gases

Estudo de caso: Indústria de Cimentos

Relatório apresentado ao Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, como requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Ambiental

Supervisor:

Professor Doutor Eng.º. António Cumbane

Chefe do departamento

Professor Doutor Eng.º. Estevão Pondja

Maputo, Junho de 2023



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA _____

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante _____

Entregou no dia ____/____/20____ as ____ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura
com a referência: _____ intitulado: _____

Maputo, ____ de _____ de 20 ____

A Chefe de Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro por minha honra que o trabalho apresentado em seguida foi realizado com base nos conhecimentos adquiridos ao longo do curso e nos documentos e referências citadas no mesmo.

Maputo, _____ de 20__

O autor

(Leonésia Marta Afonso Pelembe)

Agradecimentos

A Deus, pela minha vida, por ter permitido que eu tivesse saúde estar presente em todas as minhas caminhadas.

Ao meu Avô Alberto (em memória) e a avó Florência pelos cuidados, força e oportunidades que me deram ao longo da minha existência. Aos meus pais Arlésia Mungói, Afonso Pelembe e Célio Vilanculos e aos meus tios Leonel Mungói, Alberto Mungói Jr., Crisália Senete, Vânia Munguambe, Sheila (Mainha) e Tulipa agradecer por não permitir que eu desanimasse em momento algum.

Agradeço também as pessoas que Deus colocou na minha vida para me auxiliar não só na faculdade mas também na vida: Celso Kaiser, aos membros invictos da Team Work, Elton Cote, Anilza Muriane, Jéssica Gemo, Jéssica Sofia, Nádia Arcanjo e Salustiana Jasse, e ao Ivan Délio.

Um especial obrigado ao meu supervisor Prof. Doutor Eng^o. António Cumbane por toda a ajuda e paciência com a qual me guiou nesta etapa extremamente importante da minha vida e a Eng^a Virginia pelo auxílio incondicional no laboratório e apoio que me deu durante todos testes.

Resumo

O estudo da relação entre a saúde dos trabalhadores e o trabalho exercido por eles, exige a correcta identificação dos parâmetros ocupacionais de risco e as consequências as quais esses indivíduos estão expostos. Este trabalho tem como objectivo as avaliações de parâmetros ocupacionais de risco encontrados numa fábrica de cimento fazendo a identificação dos riscos que os trabalhadores estão expostos durante as suas actividades encontradas nesta indústria. A metodologia usada para a elaboração deste trabalho foi a pesquisa bibliográfica, trabalho de campo e análise dos dados colhidos. Os parâmetros analisados foram o ruído, as vibrações, poeiras e gases. As medições foram feitas no período de actividade em locais com maior susceptibilidade para exposição dos trabalhadores a estes parâmetros. Os resultados do ruído mostraram que o sector de classificação das materias-primas apresenta um valor medido mais elevado de 88.3 dB o que não permite que os trabalhadores estejam neste local por mais de 4 horas seguidos pelo sector da ensacagem com 85.4 dB que permite que o trabalhador esteja em actividade durante as 8 horas de trabalho diários. As vibrações foram medidas nos dois sistemas conhecidos, mão-braço e corpo inteiro e os resultados mostraram que no sistema de vibrações localizadas (mão-braço) os trabalhadores recebem as maiores doses de vibração ultrapassando em alguns dos locais em 100%, onde recebiam doses de vibração de aproximadamente 6 m/s^2 sendo que o limite máximo permitido que é de 5 m/s^2 para esse sistema. Os resultados das poeiras medidas mostraram que a indústria de cimentos provoca a emissão excessiva de poeira o que compromete a saúde e segurança dos trabalhadores directamente expostos a este parâmetro como também aos restantes colaboradores do recinto da fábrica. Os resultados dos gases avaliados foram de forma geral satisfatórios com os valores muito abaixo dos padrões estabelecidos tanto para o CO quanto para o CO₂. A avaliação dos riscos da fabrica, permitiu identificar os factores de risco e os riscos aos quais os trabalhadores estão expostos nas suas actividades incluindo os restantes parâmetros de risco conhecidos e algumas medidas que podem ser tomadas para auxiliar no controlo da exposição e para melhor o ambiente de trabalho recomendou-se a consciencialização dos trabalhadores da fábrica sobre os perigos, suas consequências e como se proteger dos mesmos, a avaliação periódica das condições de trabalho e um estudos dos demais parâmetros de risco que podem ser encontrados na fábrica.

Palavras-chave: Parâmetros ocupacionais de risco; Ruído; Vibração; Poeiras; Gases

Lista de abreviaturas

° C – Graus célsius

µm – Micrometros

Al₂O₃ – Óxido de alumínio

CaO – Óxido de calcio

CO – Monóxido de carbono

CO₂ – Dióxido de carbono

COHb – Carboxihemoglobina

EPI – Equipamento de Proteção Individual

Fe – Ferro

FE₂O₃ – Óxido de ferro III

Hb – Hemoglobina

HbO – Oxi-hemoglobina

HSO – Higiene e Segurança Ocupacional

Hz – Hertz

m/s² – Metros por segundo quadrado

mg/m³ – Miligramas por metro cúbico

min – Minuto

O₂ – Oxigênio

Pa – Pascal

PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ – Partículas suspensas com diâmetros de 10, 2.5 e 1 µm

WTF – William T. Fine

Índice

1.	Introdução.....	1
1.1	Objectivos.....	3
1.2	Formulação do problema	3
1.3	Justificativa	4
1.4	Metodologia.....	38
2.	Revisão da literatura	5
2.1	Higiene e segurança ocupacional.....	5
2.1.1	Definições.....	5
2.1.2	Parâmetros ocupacionais de risco	7
2.1.3	Avaliação de risco.....	14
2.1.4	Método de William T. Fine.....	18
2.2	Indústria de cimento.....	20
2.2.1	Matérias-primas	20
2.2.2	Processo de produção de cimento.....	22
2.3	Parâmetros ocupacionais de risco associados a indústria de cimentos.....	23
2.3.1	Parâmetros físicos	23
2.3.2	Parâmetros químicos.....	33

3.	Materiais e métodos	38
3.1	Local de amostragem	39
3.2	Métodos de medição	40
4.	Resultados e discussão	45
4.1	Avaliação de riscos	50
4.1.1	Medidas de controlo	53
5.	Conclusão e recomendações	55
6.	Referências Bibliográficas	57
	Anexos	62

Índice de tabelas

Tabela 2-1. Consequências da exposição aos parâmetros de risco químico no organismo. Fonte: Adaptado de (Fonseca, et al., 2002) e (de Andrade, et al., 2018).....	9
Tabela 2-2. Parâmetros de risco e suas consequências para os trabalhadores. Fonte: Adaptado de (EEEP) e (Silva, 2013).....	12
Tabela 2-3. Vantagens e desvantagens dos métodos de avaliação de risco. Fonte (Carvalho, 2013).	17
Tabela 2-4. Valores das consequências. Fonte: Adaptado de (Fine, 1971).....	18
Tabela 2-5. Valores da exposição. Fonte: Adaptado de (Fine, 1971).....	19

Tabela 2-6. Valores da probabilidades. Fonte: Adaptado de (Fine, 1971)	19
Tabela 2-7. Classificação dos riscos identificados. Fonte: Adaptado de (Santos, et al., 2018).....	20
Tabela 2-8. Tempo máximo diário de exposição permitido em função do nível de ruído. Fonte (Giampaoli, et al., 2001).....	26
Tabela 2-9. Consequências da exposição ao ruído ocupacional. Fonte: Adaptado de (PRONACI, 2002) e (Manfro, 2021).....	28
Tabela 2-10. Frequências de vibração em diferentes partes do corpo. Fonte: Adaptado de (Vendrame, 2005).....	29
Tabela 2-11. Valores de limites de exposição e acção das vibrações ocupacionais. Fonte (Gonçalves, 2014)	31
Tabela 2-12. Possíveis Efeitos à Exposição as vibrações. Fonte: Adaptado de (Braga, 2007) e (Lopes, 2022)	32
Tabela 2-13. Efeitos da exposição ao CO ₂ . Fonte (White Martins Gases Industriais S.A, 2001).....	37
Tabela 3-1. Pontos de medições dos parâmetros ocupacionais.....	40
Tabela 4-1. Concentração das poeiras ocupacionais	49
Tabela 4-2. Concentração das poeiras ambientais	49
Tabela 4-3 . Valores das concentrações do gás CO	50
Tabela 4-4. Valores das concentrações do gás CO ₂	50
Tabela 4-5. Avaliação de riscos usando o método WTF	51

Índice de gráficos

Gráfico 1. Valores dos níveis de ruído	46
Gráfico 2. Valores das vibrações do sistema mão-braço.....	47
Gráfico 3. Valores das vibrações do sistema de corpo inteiro	48

Índice de figuras

Figura 1. Classificação das poeiras.....	34
Figura 2. Fábrica de cimentos. Fonte (website oficial).....	39
Figura 3. Aparelho para a medição de ruído	41
Figura 4. Medidor de vibrações	42
Figura 5. Medidor de poeiras ambientais	43
Figura 6. Medidor de gases	44

1. INTRODUÇÃO

O cimento é um pó fino com propriedades aglutinantes ou ligantes que endurece com a adição de água, usado usualmente na construção civil para o levantamento de habitações, construção de estradas e pontes e diversos materiais usados para a construção, o que confere segurança e durabilidade as infra-estruturas. (Carvalho, 2008)

O processo tecnológico de fabricação adoptado e difundido em grande parte das fábricas de produção de cimento do mundo é a fabricação por via seca, sem adição de água nas etapas de produção, e é composto por quatro etapas fundamentais (Lima, 2011):

- a) Preparação do cru, com a moagem e homogeneização da matéria-prima;
- b) Cozedura do cru (particularmente a argila e o calcário) para a obtenção do clínquer;
- c) Moagem do cimento onde se faz a mistura do clínquer e gesso para a obtenção do cimento;
- d) Armazenamento, ensacagem e expedição do produto final.

Em todas as etapas os colaboradores estão expostos a vários factores que podem colocar em risco a sua saúde e segurança no ambiente de trabalho.

Desde a chegada da matéria-prima a unidade de produção, há a exposição prolongada do trabalhador ao material particulado com as actividades de descarga, movimentação e armazenamento da matéria-prima e permanência em ambiente com ruído e vibrações com o uso de maquinaria para o transporte do material, tanto como exposição nas etapas de moagem até ao armazenamento, ensacagem e expedição do cimento. Há também exposição dos trabalhadores aos gases que podem ser emitidos nos laboratórios que tal como as poeiras podem afectar a qualidade do ar.

Os parâmetros a ser analisados são de grande importância na segurança dos trabalhadores, pois de acordo com os níveis de exposição podem ser prejudiciais e acarretar elevados riscos a saúde dos trabalhadores.

É de extrema importância que se faça um estudo da relação entre o trabalho e a saúde para que se identifiquem os factores ocupacionais de maior enfoque tal como os impactos positivos e negativos sobre os trabalhadores (Ministério da Saúde, 2002). Para esse efeito, são necessários estudos e avaliações práticas com vista a identificação dos níveis aos quais os colaboradores estão inseridos em suas actividades e os principais riscos ocupacionais aos quais estão expostos.

Entre os vários factores de riscos ocupacionais os de maior importância no presente trabalho são (Wessel):

- O ruído que pode ser definido como um som ou conjunto de sons desagradáveis e perigosos que podem alterar a qualidade de vida, o bem-estar físico e psicológico de quem é exposto, e pode levar ao risco de lesões auditivas e prejudicar a qualidade no ambiente de trabalho. Este parâmetro tem grande relevância, pois é uma das principais causas de doenças ocupacionais e suas consequências vão desde o aparelho reprodutivo até ao nível psicológico;
- As vibrações são movimentos oscilatórios provenientes de máquinas que são nocivas a saúde dos trabalhadores quando em doses excessivas;
- Gases tóxicos são substâncias químicas presentes no ambiente de trabalho que podem causar doenças ocupacionais. Estes têm um elevado grau de toxicidade de acordo com o tipo de substância presente, a concentração e o tempo de exposição do trabalhador ao gás;
- Poeiras são partículas sólidas com diâmetro superior a 1 μm suspensas no ar. Tem origem mineral e pode ser proveniente de metais alcalinos, metais pesados e até mesmo hidrocarbonetos.

A mecanização das indústrias tem vindo a agravar a exposição dos trabalhadores aos riscos provenientes desses parâmetros, porém as indústrias tendem a mostrar o seu comprometimento em assegurar um ambiente de trabalho com menos riscos, daí a necessidade de se fazer uma avaliação dos parâmetros ocupacionais para melhor gestão dos factores e riscos aos quais os colaboradores podem estar expostos. (Almeida, 2017)

1.1 Objectivos

❖ Objectivo geral

O principal objectivo deste trabalho é de medir os parâmetros ocupacionais de risco em uma fábrica de cimentos: ruído, vibrações, poeiras e gases

❖ Objectivos específicos

- Descrever os parâmetros de riscos ocupacionais envolvidos nas actividades laborais;
- Analisar os riscos da exposição aos parâmetros ocupacionais de importância na fabrica de cimentos;
- Avaliar a exposição dos trabalhadores, quantificar as concentrações dos parâmetros e comparar com os padrões da legislação e avaliar os níveis de exposição dos colaboradores aos parâmetros ocupacionais de risco.

1.2 Formulação do problema

No ambiente de trabalho industrial há diversos factores que não podem ser negligenciados ou sair do controle dos colaboradores envolvidos, seja pelos padrões exigidos pela legislação ou pelos processos produtivos aos quais estão sujeitos, o que desencadeia acidentes de trabalho e doenças ocupacionais. A indústria de produção de cimento é uma das mais importantes no que diz respeito ao desenvolvimento de um país, pois é com base nela que se procedem as construções de infra-estruturas. No entanto, no ambiente de trabalho, os colaboradores das fábricas de cimento estão constantemente exposto a factores que podem causar desequilíbrios e riscos a sua segurança e saúde e comprometer a dinâmica de trabalho, visto que com o tempo de trabalho e níveis de exposição, pode ter efeitos a nível físico e psicológico. Desde a recepção da matéria-prima para a produção na fábrica, até a distribuição do cimento, os trabalhadores estão sujeitos a diversos riscos que são principalmente os físicos (ruídos e vibrações) e químicos (poeiras gases).

A fábrica de cimentos, o ruído e as vibrações são um dos mais importantes factores físicos no ambiente de trabalho e o seu efeito depende do tempo, intensidade, exposição acima dos limites de tolerância e também da sensibilidade dos trabalhadores. A exposição aos agentes químicos, com maior foco nas poeiras que são produzidas em quantidades excessivas e os gases, pode apresentar

riscos de doenças respiratórias. E dependendo da concentração, do tempo de exposição, apresenta elevados riscos a vida dos colaboradores nesse ambiente.

Vista a importância da saúde e segurança ocupacional na fábrica em questão, este trabalho de pesquisa busca avaliar os parâmetros ambientais e verificação do cumprimento dos padrões estabelecidos na legislação para garantir melhores condições de trabalho.

1.3 Justificativa

O meio ocupacional está repleto de perigos que podem afectar aos colaboradores tanto fisicamente, como de forma psicológica e emocional. Isto, pode ter consequências na saúde e vida do trabalhador exposto como também ter graves consequências socioeconómicas a organização a qual o colaborador está afecto com os prejuízos que podem surgir.

A avaliação dos parâmetros ocupacionais, surge como uma forma de garantir a sustentabilidade e continuidade das organizações, pois ajuda a determinar os factores que podem ocasionar riscos e a tomada de medidas para reverter as condições encontradas, daí que este trabalho surge com o intuito de ajudar na identificação dos parâmetros de interesse nas actividades laborais da fábrica de cimentos que podem contribuir para o baixo rendimento por acidentes ou doenças ocupacionais decorrentes da exposição dos trabalhos a esses parâmetros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Higiene e segurança ocupacional

Desde o seu aparecimento na terra o homem está exposto a vários riscos os quais não tem controlo, e com o progresso científico e tecnológico que facilitam o processo de trabalho e produção, há aumento dos riscos e maior vulnerabilidade a acidentes e doenças resultantes das actividades.

Na realização dos processos de produção, uma das grandes preocupações é obtenção de maiores quantidades de produtos em menos tempo de trabalho, porém para tal se exige maior esforço por parte dos trabalhadores e assim surgem de maneira acentuada eventos indesejáveis, daí que a HSO é um tema com grande importância, pois uma organização preocupada com a saúde e segurança de seus trabalhadores condiciona a diminuição dos riscos de acidentes e doenças ocupacionais tendo como consequência o aumento da produtividade.

2.1.1 Definições

❖ Higiene ocupacional

Higiene ocupacional é o conjunto de medidas que visam o reconhecimento, avaliação, controle e prevenção de factores de risco relacionados com o ambiente de trabalho com o principal objectivo de reduzir os acidentes de trabalho e doenças ocupacionais.

❖ Segurança ocupacional

É o conjunto de medidas educacionais e técnicas que são empregues no ambiente de trabalho para prevenir acidentes e doenças, a ser promovida pela eliminação das condições de risco presentes no local ou pela instrução dos trabalhadores a implementar técnicas de carácter preventivo.

❖ Saúde ocupacional

Saúde ocupacional é uma componente multidisciplinar que protege e promove a saúde dos trabalhadores com o controle de acidentes e doenças com base na organização e monitoria das

condições e dos ambientes de trabalho com o objectivo de reduzir os riscos aos quais os trabalhadores estão expostos.

Esta deve garantir o bem-estar físico, mental e social dos trabalhadores e promover um ambiente de trabalho no qual estes estão protegidos dos factores de risco que são prejudiciais a sua saúde.

❖ **Acidente de trabalho**

É qualquer acontecimento não programado, inesperado ou não que interfere ou interrompe o exercício contínuo de determinadas actividades, que provoca lesões físicas, redução ou perda da capacidade de trabalho, risco de morte e danos materiais.

❖ **Doença ocupacional**

São doenças desencadeadas pelo exercício de trabalhos particulares de uma determinada actividade realizada pelo trabalhador.

➤ Doenças do trabalho

São os danos causados a saúde dos trabalhadores desencadeadas por factores de risco presentes no local de trabalho não sendo relacionadas ao trabalho desempenhado pelo afectado.

❖ **Perigo**

É uma situação com potencial a causar danos ao Homem, a uma propriedade ou ao meio ambiente em geral ou a combinação das mesmas.

➤ Perigo ocupacional

É o conjunto de situações ou características que induzem a danos no ambiente de trabalho.

❖ **Risco**

Risco é a combinação da probabilidade de ocorrência de um evento perigoso e da sua gravidade que causa danos as pessoas, materiais e meio ambiente. O risco é a consequência da exposição e do grau de vulnerabilidade.

➤ Risco ocupacional

É a probabilidade de ocorrência de dano em decorrência de um evento indesejável que ocorre restritamente em um ambiente de trabalho.

❖ **Dano**

É a consequência de uma situação perigosa, seja em forma de doenças, lesões, prejuízos em propriedades e ao Homem, e ao meio ambiente ou a combinação destas situações.

2.1.2 Parâmetros ocupacionais de risco

O risco ocupacional é a probabilidade de ocorrer um incidente perigoso para os trabalhadores que pode resultar no aparecimento de efeitos adversos à saúde.

Os locais de trabalho, pelas suas características particulares ou pela natureza das suas actividades, estão sujeitos a exposição contínua dos parâmetros de riscos que podem comprometer a saúde do trabalhador a curto ou longo prazo, e provocar lesões imediatas, doenças ou morte, além dos prejuízos materiais nas próprias empresas.

É importante, em qualquer actividade, investigar o ambiente de trabalho para conhecer os riscos que os trabalhadores estão expostos, visto que o algumas das vezes, o próprio trabalhador pode não estar ciente dos perigos que o rodeiam.

Os parâmetros ocupacionais de risco são aqueles que podem causar danos à saúde dos trabalhadores em função da sua concentração, tempo de exposição, natureza e intensidade e são: os riscos químicos, físicos, biológicos, mecânicos e ergonómicos.

❖ **Parâmetros químicos**

São substâncias químicas presentes no ambiente em misturas ou impurezas, que podem se apresentar na forma líquida, sólida e gasosa que ao ser absorvidas pelo organismo, podem produzir reacções tóxicas e até mesmo danos irreversíveis ou morte dos trabalhadores expostos. Estes parâmetros são geralmente as poeiras, os gases, os vapores, os fumos, as névoas e as neblinas.

➤ **Poeiras**

São partículas sólidas com diâmetro igual ou superior a 0.5 µm formadas pela degradação mecânica da matéria sólida, dispostas no ar por acções mecânicas ou pela acção do vento, que causam irritações, alergias ou doenças nas vias respiratórias.

➤ **Gases**

São substâncias ou elementos químicos que não possuem forma ou volume próprio que na sua temperatura normal se apresentam no estado gasoso com um poder tóxico ou asfixiante para quem foi exposto.

➤ **Vapores**

São substâncias ou elementos químicos que se apresentam no estado gasoso quando são submetidos a temperaturas acima do seu normal.

➤ **Fumos**

São partículas sólidas espalhadas no ar com diâmetro inferior a 1 µm com origem na condensação dos gases ou vapores metálicos provenientes da combustão em algum processo relacionado com as actividades dos trabalhadores, tal como a soldadura.

➤ **Névoas**

São partículas líquidas dispersas no ar que são formadas por degradação mecânicas da matéria líquida, seja pela acção do vento ou de líquidos. Na indústria, podemos encontrar névoas de

tinta, de ácidos, de *sprays* usados, entre outros com efeitos tanto no organismo quanto nos equipamentos de trabalho.

➤ **Neblinas**

São partículas líquidas dispersas no ar com diâmetro inferior a 0.5 µm, com origem na condensação de gases provenientes de processos térmicos. Podem causar efeitos diversos de acordo com o líquido que foi evaporado, como a irritação dos olhos, vias respiratórias e pele dos trabalhadores com o exemplo das neblinas de ácidos formadas no processo de galvanização.

Estes parâmetros, dependendo da concentração, características de cada substância e vias de exposição, têm como prováveis efeitos na saúde dos trabalhadores expostos:

Tabela 2-1. Consequências da exposição aos parâmetros de risco químico no organismo. Fonte: Adaptado de (Fonseca, et al., 2002) e (de Andrade, et al., 2018).

Efeitos	Consequências
Efeitos físicos	Irritação das vias respiratórias, dores de cabeça, tonturas, fraqueza, cansaço e sonolência, irritação dos olhos e pele, náuseas e vômitos, desmaios, cancro e morte
Efeitos psicológicos	Confusão mental e alucinações

❖ **Parâmetros físicos**

São aqueles que se apresentam de diversas formas de energia e são resultantes da presença de equipamentos de trabalho, máquinas e condições físicas características de um determinado ambiente de trabalho que podem causar danos a saúde dos trabalhadores. Os parâmetros físicos normalmente encontrados são: o ruído, as vibrações, radiação, temperaturas extremas e pressões anormais.

➤ Ruído

É todo som indesejado que causa desconforto ao trabalhador, resultante de diversas actividades exercidas com o auxílio de certos equipamentos ou maquinas;

➤ Vibrações

São movimentos que um corpo executa em torno de um ponto fixo. Apresentam baixas frequências e geralmente são conduzidas por materiais sólidos.

As vibrações podem ser localizadas em certas partes do corpo, provocadas por ferramentas de manuseio manual, mecânico, eléctrico e podem ser generalizadas ou de corpo inteiro que acontecem em trabalhadores que operam máquinas de grande dimensões.

➤ Radiação

É um tipo de energia que se transmite no espaço de uma fonte a um receptor em forma ondas electromagnéticas. Existem dois tipos de radiações que se propagam no espaço, sendo elas de comprimentos de onda diferentes. Quanto menor o comprimento das ondas electromagnéticas, mais perigosa é a radiação emitida.

a. Radiações ionizantes

São emissões de energia que podem ser encontradas na faixa de luz visível, capazes de entrar em contacto com os electrões dos átomos e provocar a sua ionização. Ocorre quando se detecta um desequilíbrio no átomo causado pelo número diferente de prótons e electrões e os átomos se transformam em iões. Apresentam menor comprimento de onda. As radiações ionizantes são as mais perigosas, e a energia emitida, ao atingir o corpo humano, provoca alterações genéticas nas células e afectam os glóbulos vermelhos.

b. Radiações não-ionizantes

Estas não tem capacidade de ionizar os electrões e células, porém podem ser absorvidas e reflectidas e provocar a activação dos átomos. As consequências para o trabalhador se tornam severas de acordo com o tempo de exposição dos trabalhadores a esta radiação.

➤ Temperaturas extremas

Caracterizadas pelo frio ou calor intenso ou variações bruscas de temperatura no ambiente de trabalho devido aos equipamentos e actividades realizadas.

Em ambientes onde se faz o uso de fornos, maçaricos e caldeiras de fundição relacionados com falta de ventilação, humidade e esforço físico, o calor intenso é um factor característico. O frio intenso, que pode estar abaixo dos 0°C e afecta aos trabalhadores de frigoríficos.

➤ Pressões anormais

São aquelas cujos valores de pressão estão muito distantes da pressão atmosférica.

As altas pressões estão situadas acima da pressão atmosférica e afecta os trabalhadores que trabalham com ar comprimido, em túneis de perfuração, em ambientes pneumáticos e em grandes profundidades.

As baixas pressões, abaixo da pressão atmosférica, afecta trabalhadores que realizam as suas actividades em grandes altitudes.

A tabela a seguir mostra as consequências na saúde devido a exposição aos parâmetros de risco físico.

Tabela 2-2. Parâmetros de risco e suas consequências para os trabalhadores. Fonte: Adaptado de (EEEP) e (Silva, 2013)

Parâmetros de risco	Consequências para os trabalhadores
Ruído	Dores de cabeça, cansaço, irritação, problemas no aparelho auditivo, aumento da pressão arterial, taquicardia, problemas no aparelho digestivo e possibilidade de infarto
Vibrações	Dores nos membros e na coluna, irritação e cansaço, problemas digestivos, artrite, lesões ósseas, lesões dos tecidos moles e danos nos momentos
Temperaturas extremas	Choques térmicos, taquicardia, cansaço, irritação, aumento da pulsação, fadiga térmica, hipertensão, quadros de hipertermia ou hipotermia, desmaios
Radiações ionizantes (raio-x, gama, alfa, beta)	Cancro, problemas visuais, alteração celular, redução de glóbulos vermelhos, perda de cabelo, náuseas, fadiga e prostração, acidentes de trabalho, morte
Radiações não-ionizantes (raios ultravioletas e infravermelhos, laser, microondas)	Queimaduras, lesões na pele e nos olhos, perda da visão, cancro da pele
Pressões anormais	Dores musculares, vômitos, hemorragias no ouvido e ruptura dos tímpanos, morte

❖ Parâmetros biológicos

São aqueles ocasionados pela presença de microrganismos no ambiente de trabalho que representam uma ameaça a saúde e segurança dos trabalhadores. Os parâmetros avaliados neste risco são: vírus, bactérias, fungos, protozoários, bacilos e parasitas.

Estes microrganismos, são responsáveis pelo desenvolvimento de doenças patológicas por parte dos trabalhadores, por se adaptarem e se reproduzirem facilmente em diversos ambientes, e é fundamental a adopção de medidas de prevenção, que podem ser a limpeza dos locais de trabalho, uso de EPI's para reduzir a superfície de contacto corporal com os microrganismos, ventilação adequada, vacinação dos trabalhadores e exames médicos de rotina.

❖ **Parâmetros mecânicos**

São os que ocorrem pela presença de algum equipamento ou material que possa provocar danos, e podem levar a graves acidentes de trabalho. Ocorrem devido a condições do ambiente de trabalho, capazes de colocarem os trabalhadores expostos a diversos perigos. Dentre os perigos que possam ser encontrados no ambiente laboral temos: ferramentas inadequadas ou com defeitos, electricidade, iluminação deficiente ou excessiva, maquinas e equipamentos sem protecção, armazenamento inadequado das ferramentas e materiais, não uso de EPI e presença de animais peçonhentos.

❖ **Parâmetros ergonómicos**

São parâmetros que provocam desequilíbrio físico e psicológicos dos trabalhadores e causam insegurança, desconforto e trabalhos ineficientes. Estes parâmetros ergonómicos encontrados no ambiente de trabalho são: o esforço físico intenso, postura inadequada, jornadas de trabalho prolongadas, levantamento e transporte de cargas pesadas manualmente, monotonia, exigências e controle rigoroso da produtividade, trabalhos em períodos nocturnos e situações de *stress* iminente.

Os parâmetros ergonómicos podem condicionar o desenvolvimento de doenças musculares, problemas na coluna, fadiga muscular e visual, dores fortes e dificuldades para se movimentar, lesões, cansaço mental e falta de disposição para a realização das actividades.

2.1.3 Avaliação de risco

É o processo que consiste na análise e estimativa da magnitude de possíveis riscos associados a um indivíduo, grupo ou ambiente e decidir se é um risco tolerável ou não. Esta é a base para que haja uma gestão eficaz da higiene e segurança ocupacional com vista a reduzir os acidentes e doenças ocupacionais e permite a melhoria das condições de trabalho para os trabalhadores (Carneiro, 2011). É a avaliação de todos aspectos existentes no trabalho que possam ser considerados perigosos de modo que sejam identificados se são susceptíveis de causar algum dano, se são possíveis eliminar esses perigos e se existem medidas de prevenção e controle.

Os riscos ocupacionais tendem a aumentar a medida que as empresas de produção, principalmente, procuram formas de criar maior rendimento com a tendência de sobrecarga de trabalhos para os trabalhadores que devem acompanhar o ritmo da produção requerida.

A avaliação de risco é um procedimento no qual se avalia se uma determinada condição de trabalho é segura, ou seja, se faz a verificação do nível do risco ao qual o trabalhador está exposto e determina se é aceitável ou não, e caso o resultado seja negativo (níveis não aceitáveis), é necessário se pôr em prática medidas de controlo para a redução do risco (Roxo, 2003).

A avaliação de risco é um processo dinâmico que necessita de uma avaliação dos procedimentos sempre que ocorra uma alteração no local de trabalho ou actividades para melhor identificação de novas formas de perigo. Esta apresenta diversos benefícios as organizações que a implementam, tais como ambiente de trabalho seguros, redução de acidentes e doenças com consequente redução dos custos nos tratamentos e aumento da produtividade nas empresas.

A avaliação de riscos pode ser feita com base em vários métodos para se avaliar o nível de risco provocado pelos parâmetros:

❖ Método de avaliação quantitativa

São usados métodos científicos com equipamentos e instrumentos próprios para avaliação, que quantificam, comparam a fim de se estabelecerem medidas de neutralização, controle ou eliminação dos riscos. Estes tipos de métodos quantificam o que pode acontecer e atribuem um valor

à probabilidade e à severidade, com recurso a técnicas sofisticadas de cálculo e a modelos matemáticos. Baseiam-se num modelo matemático, em que se atribui um valor numérico aos diversos factores que causam ou agravam o risco, bem como aqueles que aumentam a segurança, e permite estimar um valor numérico para o risco efectivo.

São métodos que visam obter uma resposta numérica da magnitude do risco, pelo que, o cálculo da probabilidade faz recurso a técnicas de cálculo que integram dados sobre o comportamento das variáveis em análise. A quantificação da gravidade recorre a modelos matemáticos de consequências, de forma a simular o campo de um dado agente agressivo e o cálculo da capacidade agressiva em cada um dos pontos desse campo e estimar os dados esperados (Roxo, 2003). A avaliação quantitativa de riscos pode apresentar custos elevados e implicar a necessidade de dispôr de bases de dados experimentais ou históricos com fiabilidade adequada (Roxo, 2006).

Os métodos de avaliação são:

- Árvores Lógicas de Acontecimentos;
- Árvore de Falhas
- Métodos Estatísticos;
- Árvore de Causa;

❖ **Método de avaliação qualitativa**

Se utiliza a sensibilidade do avaliador para a identificação de um risco potencial no local. Os métodos qualitativos descrevem, sem chegar a uma quantificação global, os pontos perigosos de uma instalação e as medidas de segurança existentes, seja para a prevenção ou protecção dos trabalhadores. Este tipo de método é adequado para estimar situações simples, cujos perigos possam ser facilmente identificados através da observação.

A aplicação de métodos qualitativos usam como base o histórico dos dados estatísticos de cada risco ocupacional, como dados de acidentes na empresa ou na actividade, relatórios de acidentes e incidentes ou a opinião de pessoas experientes, dos trabalhadores e dos seus representantes quanto ao esperado relativamente a determinado risco (Cabral, 2012).

Os métodos conhecidos de avaliação qualitativa são:

- Análise de Perigo da Tarefa;
- Análise de Modo de Falhas (AMF);
- Análise Preliminar de Riscos (APR);
- O que aconteceria? (“Análise What If?”);
- Carta de Riscos;
- Checklists;
- HAZOP;

❖ Metodologia de avaliação semi-quantitativa

Quando a avaliação com base nos métodos qualitativos é insuficiente para obter a adequada valoração dos riscos e o uso dos métodos quantitativos não justifica o custo associado ou são complexos, se recorre a utilização dos métodos semi-quantitativos (Carvalho, 2013). Nestes estima-se o valor numérico da magnitude do risco ocupacional a partir do produto entre a estimativa da frequência do risco e a gravidade esperada das lesões.

$$Risco = Frequência \times Gravidade$$

São métodos de aplicação relativamente simples e identificam as prioridades de intervenção, são também capazes de sensibilizar os diferentes elementos da organização.

- Método de William T. Fine;
- Análise por Árvore de Eventos (AAE);
- Método da Matriz Melhorada;
- Análise por Árvore de falhas (AAF);
- Análise por Árvore de Causas (AAC).
- Método de Kinney (MARAT);

Tabela 2-3. Vantagens e desvantagens dos métodos de avaliação de risco. Fonte (**Carvalho, 2013**).

Métodos	Vantagens	Desvantagens
Qualitativos	<p>São métodos de fácil execução e não necessitam de nenhuma quantificação ou calculo;</p> <p>Não exige identificação minuciosa das consequências;</p> <p>Pode ser feito por diferentes colaboradores da empresa;</p> <p>Não necessita de qualificação elevada de quem os aplica.</p>	<p>São característicos por natureza;</p> <p>Não permitem análises do custo/benefício;</p> <p>São dependentes de experiências passadas para a sua execução por parte dos trabalhadores.</p>
Quantitativos	<p>São métodos objectivos e facilitam a compreensão do risco e que apresentam resultados mensuráveis;</p> <p>Permitem a análise dos efeitos causados pela implementação de medidas de controlo de risco;</p> <p>Permitem que se faça uma avaliação do custo/ benefício.</p>	<p>São métodos complexos que precisam de tempo para a execução dos cálculos;</p> <p>Exigem formação adequada e experiência por parte do avaliador;</p> <p>Requerem quantidades e diferentes tipos de informação;</p> <p>Apresenta dificuldade em quantificar o peso da falha humana.</p>
Semi-quantitativos	<p>São métodos simples e de fácil aplicação;</p> <p>Envolvem diferentes membros da empresa;</p> <p>Identificam os principais riscos que requerem prioridade na intervenção.</p>	<p>São dependentes da experiência do avaliador;</p> <p>Apresentam subjectividades associadas aos avaliadores utilizados na avaliação.</p>

2.1.4 Método de William T. Fine

O método WTF é uma ferramenta de avaliação semi-quantitativa de riscos que permite quantificar a magnitude dos riscos com o objectivo de determinar as prioridades de acção para os riscos identificados. Para uma correcta avaliação, é importante se identificar os perigos e riscos relacionados as diferentes actividades para que posteriormente se determine o grau de perigosidade que é determinado pela relação das potenciais consequências da materialização do perigo, a frequência de exposição e a probabilidade do evento ocorrer. É calculado através da fórmula:

$$GP = C \times E \times P$$

Onde:

C - consequência;

E - exposição;

P - probabilidade.

➤ Consequências

São os resultados ou impactos mais prováveis caso haja a ocorrência do evento perigoso.

Tabela 2-4. Valores das consequências. Fonte: Adaptado de (Fine, 1971)

Consequências	Valor
Catástrofe com inúmeras fatalidades; danos materiais acima de \$1,000,000	100
Múltiplas fatalidades; ; danos materiais de \$500,000 - \$1,000,000	50
Morte; danos materiais de \$100,000 – \$500,000	25
Lesões extremamente graves; ; danos materiais de \$1000 - \$100,000	15
Incapacidade temporária; ; danos materiais até \$1000	5
Lesões ligeiras	1

➤ Exposição

É a frequência da qual ocorre o contacto com o parâmetro de risco durante as actividades.

Tabela 2-5. Valores da exposição. Fonte: Adaptado de (Fine, 1971)

Exposição	Valor
Contínua, varias vezes ao dia	10
Frequente, aproximadamente uma vez ao dia	6
Ocasional, uma vez a semana ou mês	3
Irregular, uma vez ao mês ou ano	2
Rara, porém já ocorreu	1
Remotamente possível, não há registro de ocorrência	0.5

➤ Probabilidade

Consiste na possibilidade de um evento perigoso ocorrer e provocar uma determinada consequência.

Tabela 2-6. Valores da probabilidades. Fonte: Adaptado de (Fine, 1971)

Probabilidade	Valor
É o resultado mais esperado de acontecer caso o evento aconteça	10
Provável	6
Seria uma coincidência se acontecer	3
Seria uma coincidência remotamente possível	1
Nunca aconteceu em varios anos de exposição, porém e possível	0.5
Praticamente impossível	0.1

Após o cálculo do grau de perigosidade, faz-se a classificação do risco para se determinar a prioridade de acção.

Tabela 2-7. Classificação dos riscos identificados. Fonte: Adaptado de (Santos, et al., 2018)

Grau de Perigosidade	Classificação do risco/ Grau do risco	Correção
400	Extremo	Correcção imediata
$250 \leq \text{Risco} < 400$	Muito Elevado	Correcção imediata
$200 \leq \text{Risco} < 250$	Elevado	Correcção urgente
$85 \leq \text{Risco} < 200$	Médio	Nao é urgente, porém deve ser eliminado
< 85	Baixo	Nao é urgente

A classificação dos riscos permite hierarquizar as medidas para identificar as que necessitam de uma acção mais urgente.

2.2 Indústria de cimento

O cimento é um dos materiais mais importantes e usado na construção civil, pois é através dele que se procede com a construção da maioria das infra-estruturas sólidas/de raiz o que contribui positivamente para o desenvolvimento das sociedades.

É definido como um aglomerante hidráulico feito principalmente a base de calcário, gesso e argila. É aglomerante devido a sua capacidade de unir diferentes materiais e hidráulico, pois ao reagir com água se torna num material sólido e desenvolve resistência a compressão, sulfatos e a água.

Na construção, O cimento pode ser combinado a vários materiais tais como areia dando origem a argamassa e areia e pedra/brita dando origem ao betão.

2.2.1 Matérias-primas

Para a produção de cimento são usados minerais de origem natural que são o calcário, argila e gesso e também produtos industriais como as escórias siderúrgicas, mas para qualquer que seja o material utilizado ele deve obedecer a condição de conter os componentes essenciais para a produção de cimento.

➤ Calcário

O processo de produção de cimento é dependente da mineração de calcário sendo este uma das matérias-primas mais importantes para a sua produção.

O calcário é constituído basicamente de carbonato de cálcio (CaCO_3), mas se apresenta na natureza acompanhado de diversas impurezas como óxidos de ferro, alumínio e silício, que são benéficos, e outros como o óxido de magnésio, sódio e potássio que são na maioria das vezes indesejáveis.

➤ Argila

A argila usada na fabricação do cimento é essencialmente usada como fonte de sílica. É um silicato complexo contendo além de alumínio, o ferro, e o magnésio. Durante o processo de fabricação do clínquer, a argila fornece Al_2O_3 , Fe_2O_3 e SiO_2 .

➤ Gesso

Gesso bruto é extraído das minas de gesso e é constituída essencialmente por sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e pode conter impurezas como sílica, alumina, óxido de ferro, carbonatos de cálcio e magnésio. A gipsita é a forma de gesso mais usada na indústria de cimento.

O gesso é adicionado ao clínquer em até 3% da sua massa e é usado no cimento para regular o tempo de endurecimento, ou seja, o tempo no qual o cimento se mantém maleável depois da adição da água e isto funciona na medida em que este forma uma espécie de película ou membrana que envolve as partículas do cimento e atrasa o seu endurecimento.

É em um produto de adição final do processo e obrigatória no processo de produção do cimento por viabilizar o seu uso.

➤ Escórias siderúrgicas

A escória, de aparência semelhante a areia grossa, é um subproduto de altos-fornos, reactores que produzem o ferro gusa a partir de uma carga composta por minério de ferro que é a fonte de Fe, e carvão, fonte de carbono. A escória de alto-forno possui propriedades aglomerantes, só que estas

propriedades não são activadas pela água e sim pelo hidróxido de cálcio Ca(OH)_2 proveniente da hidrólise do CaO , ajudando assim na resistência final do cimento. Nestas escórias, são encontradas diversas impurezas como outros metais, e nestas encontramos as escórias de silicatos que apesar de rejeitados no processo de metalização, também proporcionam características de aglomerante hidráulico ao cimento.

Sendo um subproduto, este material tem menor custo em relação ao clínquer e é utilizado também por elevar a durabilidade do cimento, principalmente em ambientes com presença de sulfatos.

2.2.2 Processo de produção de cimento

O processo de produção de cimento inicia com a produção do clínquer, que é o componente básico do cimento constituído por aproximadamente 80 á 90% de calcário e o restante argila e pequenas quantidades de minério de ferro.

O processo de produção do clínquer inicia com a britagem, onde se faz a redução das dimensões dos blocos de calcário para tamanhos menores, e de seguida este passa para a moagem e é misturado com a argila. A mistura obtida é admitida em um forno com uma temperatura em torno dos 1450°C onde ocorrem a maior parte das reacções químicas do processo.

Depois do forno, o clínquer passa por um resfriador para a diminuição da temperatura do clínquer para aproximadamente 200°C e é a posterior armazenado em silos para as próximas etapas de produção.

Para a obtenção final do cimento, se procede com a moagem do clínquer com a adição do gesso, calcário, argila e escorias de alto-forno em um moinho giratório de bolas tendo com resultado um produto fino e homogéneo. O processo de moagem da mistura do clínquer e adições é uma etapa importante da fabricação do cimento, pois vai influenciar directamente em algumas características do cimento como a resistência e a hidratação.

O cimento moído, é deslocado para silos de armazenamento para posterior ensacagem e expedição do produto final.

2.3 Parâmetros ocupacionais de risco associados a indústria de cimentos

Os parâmetros de destaque para a indústria de cimentos são os parâmetros de risco físico, sendo o ruído e a vibração os de maior importância e os parâmetros de risco químico com as poeiras e gases como sendo os mais importantes.

2.3.1 Parâmetros físicos

Os parâmetros físicos podem ser definidos como as diversas formas de energia aos quais os trabalhadores estão expostos. Na indústria de cimento, é importante analisar dentre os parâmetros físicos conhecidos os ruídos e as vibrações provenientes das actividades laborais e contínuas dos processos envolvidos para a produção do cimento.

❖ Ruído

A presença do ruído nos locais de trabalho, é um dos factores que mais desestabiliza o bom desempenho das actividades, e pode ter como um dos efeitos imediatos a falta de concentração por parte dos trabalhadores e por consequência, afecta a produtividade da empresa. O ruído nos locais de trabalho, ainda que a níveis relativamente baixos, pode provocar *stress* físico e psicológico. Este, assume um papel importante na actualidade por ser uma das principais causas de doenças profissionais. A exposição a elevados níveis de ruído pode provocar ao trabalhador exposto a surdez permanente devido a lesões irreversíveis no aparelho auditivo. O ruído constitui uma causa de incómodo para o trabalho, um obstáculo na comunicação verbal e pode ainda provocar fadiga e em casos extremos, trauma auditivo e alterações do aparelho auditivo.

O som é uma vibração que se propaga num meio elástico e que produzem o estímulo para a audição enquanto os ruídos, são qualquer sensação sonora considerada indesejada e desagradável aos ouvidos com efeitos nocivos ao trabalhador

Em ambientes industriais, o ruído é o parâmetro físico que aparece com maior frequência nas diversas actividades desenvolvidas e que causam graves problemas a saúde do trabalhador, tanto psicológicos como físicos, sendo classificado como o factor de risco com maior incidência na origem de doenças ocupacionais.

Os ruídos podem classificar-se em três tipos:

➤ Ruído Contínuo

Ruído que mantém as suas características ao longo do tempo. É produzido por máquinas ou equipamentos que operam sem interrupções ou alterações de regime de funcionamento.

➤ Ruído intermitente

Ruído em que ocorrem casos sucessivos de alteração das características do som. É produzido por máquinas ou equipamentos que operam por ciclos.

➤ Ruído Impulsivo ou de impacto

Ruído abrupto e curto resultante de impactos ou explosões que dura apenas alguns segundos.

➤ Nível de pressão sonora

Os ruídos produzidos por diversas fontes misturam-se, e o nível total de ruído aumenta com o número de fontes. Além disso, o ouvido humano não responde linearmente aos estímulos dos sons, mas sim logaritmicamente. O limiar do som ou valor mínimo que um ser humano jovem de audição normal pode ouvir, é de cerca de 10^{-5} Pa e o limiar da dor é de cerca de 100 Pa. Desta forma, para o cálculo do nível de pressão sonora é feita a partir de uma escala logarítmica, expressa em decibéis (dB) através a expressão:

$$N_p = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \log \frac{p}{p_0}$$

Onde:

N_p – nível de pressão sonora em dB

P - valor da pressão sonora em Pa

P_0 – pressão sonora de referência, 2×10^{-5} Pa

O decibel pode ser definido como o logaritmo da razão entre o valor medido e o valor de referência padronizado e corresponde praticamente à mais pequena variação da pressão sonora que um ouvido humano normal pode distinguir nas condições normais de audição.

➤ Dose de exposição ao ruído

Dose de exposição é o parâmetro que determina a exposição dos trabalhadores ao ruído durante as suas actividades laborais tendo em consideração os valores máximos admitidos diariamente para um determinado nível de ruído com base no padrão pré-estabelecido.

Dose diária de exposição é a dose diária permitida para uma jornada de trabalho.

A dose de ruído é calculada a partir da seguinte fórmula:

$$D = \left(\frac{c_1}{T_1} + \frac{c_2}{T_2} + \dots + \frac{c_n}{T_n} \right) \times 100\%$$

Onde:

C_n - Tempo total diário de exposição do trabalhador a um ruído específico;

T_n – tempo máximo de exposição diário permitida para o nível de ruído.

Tabela 2-8. Tempo máximo diário de exposição permitido em função do nível de ruído. Fonte (Giampaoli, et al., 2001)

Nível de ruído (dB)	Tempo máximo de exposição permitido (min)	Nível de ruído (dB)	Tempo máximo de exposição permitido (min)
80	1523.90	98	23.81
81	1209.52	99	18.89
82	960	100	15
83	761.95	101	11.90
84	604.76	102	9.44
85	480	103	7.50
86	380.97	104	5.95
87	302.38	105	4.72
88	240	106	3.75
89	190.48	107	2.97
90	151.19	108	2.36
91	120	109	1.87
92	95.24	110	1.48
93	75.59	111	1.18
94	60	112	0.93
95	47.62	113	0.74
96	37.79	114	0.59
97	30	115	0.46

➤ Nível de exposição

É o nível de exposição diária a pressão sonora o qual o trabalhador esteve exposto durante as suas actividades calculado com base na fórmula:

$$NE = 10 \log \left(\frac{480}{T_E} \times \frac{D}{100\%} \right)$$

Nível de exposição normalizado é o nível de exposição diária convertida para uma jornada de trabalho de 8 Horas e tem como principal função aumentar a facilidade de comparação dos níveis de pressão sonora aos quais uma pessoa está exposta com os limites de tolerância previstos na legislação para uma determinada situação.

$$NE(8) = NE + 10 \log \left(\frac{T_E}{480} \right)$$

Além do ruído ocupacional, os trabalhadores estão expostos a outro tipo de ruído que é o caso do ambiental que tal como o ocupacional, afecta e condiciona o desempenho das suas actividades.

Os efeitos da exposição contínua ruído pelos trabalhadores podem ser agravados por vários factores: a intensidade do ruído emitido, a frequência, o tempo de exposição ao ruído e as condições físicas e psicológicas do trabalhador exposto e podem surgir alguns efeitos sociais.

Tabela 2-9. Consequências da exposição ao ruído ocupacional. Fonte: Adaptado de (PRONACI, 2002) e (Manfro, 2021)

Efeitos	Consequências
Fisiológicos	Lesão do aparelho auditivo; Distúrbios gastrointestinais; Distúrbios no nervoso central (problemas na fala, problemas sensoriais, diminuição da memória); Aceleração do pulso; Aumento da pressão arterial; Contrações nos vasos sanguíneos; Diminuição da resistência eléctrica da pele; Aumento da produção hormonal da tiróide; Diminuição da barreira imunológica do organismo; Dificuldade em distinguir cores; Vertigens; Diminuição da percepção visual; Cansaço geral; Cefaleias.
Psicológicos	Irritação; Apatia; Mau humor; Medo; Insónias. Podem surgir casos de depressão nos trabalhadores expostos.
Sociais	Diminuição da produtividade; Aumento da ocorrência de acidentes; Aumento dos conflitos entre os trabalhadores.

❖ Vibrações

A utilização de máquinas se intensificou depois da revolução industrial, e continua até a actualidade, porém o seu uso trás ao ambiente de trabalho um conjunto de parâmetros de risco físico que podem ser prejudiciais à saúde do trabalhador sendo a vibração um desses parâmetros.

Os níveis excessivos de vibração nas máquinas e equipamentos usados nas fábricas de produção de cimento causam incómodo ao operador e aumentam a carga física e mental a que o mesmo está exposto (Santos, et al., 2017).

A vibração surge quando um corpo oscila por consequência de fontes internas ou por fontes externas. Nos ambientes de trabalho, a vibração é um parâmetro físico com características nocivas aos trabalhadores expostos. A vibração é definida pela frequência e magnitude, onde a frequência é o número de vezes que o corpo oscila por segundo e é expresso por ciclos por segundos (Hz) e a magnitude é expressa pela aceleração normal (m/s^2).

Diferente dos demais parâmetros ocupacionais de risco onde o trabalhador é sujeito passivo quanto a exposição aos riscos, para que haja exposição a vibrações, deve haver contacto entre o trabalhador e o equipamento ou máquina que transmite a vibração. A vibração consiste em movimento inerente aos corpos dotados de massa e elasticidade.

O corpo humano possui uma vibração natural. Se uma frequência externa coincide com a frequência natural do sistema, ocorre a ressonância, que implica a amplificação do movimento. A energia vibratória é absorvida pelo corpo, como consequência da atenuação promovida pelos tecidos e órgãos. O corpo humano possui diferentes frequências de ressonância, conforme mostra a tabela a seguir:

Tabela 2-10. Frequências de vibração em diferentes partes do corpo. Fonte: Adaptado de (Vendrame, 2005).

Localização	Frequência (Hz)
Cabeça	20-30
Ombro	4-5
Braço	5-10
Coluna vertebral	10-12
Perna recta	20
Perna dobrada	2
Abdómen	4-8
Mão	30-50
Antebraço	16-30
Caixa torácica	50-100
Olho	20-90

O corpo humano reage às vibrações de formas diferentes. A sensibilidade às vibrações ao longo da coluna vertebral é diferente da sensibilidade as vibrações ao longo dos braços ou do tórax. Em cada direcção, a sensibilidade também varia com a frequência, daí que para uma determinada frequência, a aceleração tolerável é diferente da aceleração encontrada em outra frequência.

As vibrações que são transmitidas ao corpo durante as actividades de trabalho, podem classificadas de duas formas:

➤ Vibrações de corpo inteiro

São de baixa frequência e alta amplitude e se situam na faixa de 1 a 80 Hz. Estas vibrações são específicas para actividades de transporte ou que o trabalhador está sujeito a receber as vibrações também nos pés.

Na indústria de produção de cimento, a maior exposição as vibrações de corpo inteiro acontece aos operadores de máquinas e aos operadores de camiões que exercem actividades de manobras, transporte de matéria-prima.

➤ Vibrações localizadas ou de mãos e braços

Se situam na faixa de 8 a 1000 Hz e afectam aos trabalhadores cujas actividades envolvem o uso de ferramentas ou equipamentos manuais.

A vibração transmitida ao sistema mão-braço é um grande problema na área de transmissão de vibração ao corpo humano. Os níveis de vibração encontrados em algumas ferramentas manuais são suficientemente elevados e podem causar danos quando operados por longos períodos de tempo. Exemplos dessas ferramentas são os berbequins. A vibração pode ser transmitida ao corpo através de uma ou das duas mãos encostadas à ferramenta ou equipamento com vibração. Para baixos níveis de vibração haverá desconforto e redução da eficiência do trabalho. Para altos níveis e longos períodos de exposição, poderão surgir doenças que afectam os vasos sanguíneos e articulações.

Tabela 2-11. Valores de limites de exposição e acção das vibrações ocupacionais. Fonte (Gonçalves, 2014)

	Limite de exposição	Nível de acção de exposição
Sistema de corpo inteiro	1.15 m/s ²	0.5 m/s ²
Sistema mão-braço	5 m/s ²	2.5 m/s ²

Limite de exposição é o parâmetro de exposição ocupacional que representa condições sob as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente sem sofrer efeitos adversos que possam resultar em dano à sua saúde.

Nível de acção é o valor que ao ser ultrapassado, devem ser adoptadas acções de prevenção de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a vibração provoquem danos à saúde do trabalhador e evitar que o limite de exposição seja ultrapassado.

O corpo humano sente as vibrações quando os valores de frequência vão dos 0,1 aos 1000 Hz. Os efeitos causados são crescentes em função da intensidade das vibrações transmitidas, isto é as vibrações de fraca intensidade afectam apenas o bem-estar e o conforto dos trabalhadores expostos, porém a medida que o nível de exposição aumenta, verifica-se uma diminuição das capacidades físicas dos trabalhadores o que prejudica a execução das actividades e consequentemente compromete a sua segurança.

As vibrações têm vários efeitos negativos sobre o trabalhador que vão desde o desconforto na realização das actividades a doenças graves.

No meio ocupacional as vibrações representam uma grande preocupação pelos vários perigos aos quais os trabalhadores estão expostos e aos riscos de doenças profissionais que estão associadas. Tanto as vibrações transmitidas para o corpo inteiro e as transmitidas nas mãos e braços representam riscos para a saúde do trabalhador. As consequências dependem do ponto de aplicação, da frequência das oscilações, da aceleração e da duração das vibrações.

Tabela 2-12. Possíveis Efeitos à Exposição as vibrações. Fonte: Adaptado de (Braga, 2007) e (Lopes, 2022)

Vibrações do Sistema Corpo Inteiro	Vibrações do Sistema Mão e Braço
Dor Lombar e Distúrbios nas Costas Ombros ou Pescoço (pode levar a uma maior prevalência na dor lombar e degeneração precoce da coluna vertebral e hérnia de disco mas); Distúrbios no sistema gastrointestinal, com sintomas desde enjojo até gastrites e úlceras; Problemas no sistema reprodutivo.	Distúrbios Vasculares (Síndrome de Raynaud); Distúrbios Neurológicos (formigueiro ou dormência nos dedos e nas mãos); Síndrome Túnel Cárpico (combinação de movimentos repetitivos, posturas inadequadas e aperto firme na máquina); Distúrbios Musculares (exposição prolongada pode levar a fraqueza muscular, dores nas mãos e braços e diminuição da força muscular); Síndrome dos dedos brancos (falta de sensibilidade e controlo, tremura dos dedos, perda de tacto); Destruição das artérias e nervos das mãos;

Para o cálculo da vibração contínua equivalente, o valor de exposição diária às vibrações deve ser expressas em termos do valor total da vibração contínua equivalente, ponderada em frequência para um período de oito horas e é calculado pelas seguintes fórmulas:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T_e}{T_0}}$$

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hv_1}^2 \frac{T_1}{T} + a_{hv_2}^2 \frac{T_2}{T} + a_{hv_n}^2 \frac{T_n}{T}}$$

Onde:

A(8) - corresponde à aceleração resultante de exposição convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas;

Te – tempo de exposição;

T - é a duração diária total da exposição às vibrações;

To - é a duração de referência de 8 horas;

a_{hv} - aceleração resultante de exposição: corresponde à aceleração média resultante da exposição diária, é o valor total da exposição.

2.3.2 Parâmetros químicos

São parâmetros químicos as substâncias, os compostos ou produtos que podem penetrar nos organismos dos trabalhadores por diferentes formas, seja por inalação através das vias respiratórias na forma de poeiras, gases, fumos, neblinas, névoas ou vapores, seja por ingestão ou por absorção através da pele. Os parâmetros químicos importantes a analisar nesta pesquisa e que afectam a indústria de cimento são os gases que podem ser provenientes de diversos pontos de produção e as poeiras.

❖ Poeiras

A constituição do ar atmosférico é aproximadamente por 21% de oxigénio, 78% de nitrogénio e 1% de outros gases (Peixoto, et al., 2013). Diz-se que o ar é respirável quando a sua composição não causa danos ou incómodos ao ser humano e todo o ar respirável contém ainda uma percentagem de humidade necessária para o bom funcionamento do sistema respiratório. Constituem-se riscos respiratórios a exposição a ambientes com deficiência de oxigénio e os contaminados por parâmetros químicos que provoquem situações que possam ser consideradas perigosas e com efeitos nocivos à saúde dos trabalhadores a curto ou longo prazo.

As poeiras são um conjunto de partículas sólidas produzidas por ruptura mecânica de um material originalmente sólido que se encontram suspensas ou que são capazes de se manterem suspensas no ar. As poeiras são normalmente classificadas em inaláveis, torácicas, respiráveis e totais.

➤ Poeira inalável

É a fracção de material particulado suspenso no ar, constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 100 μm , capaz de entrar pelas narinas e pela boca, penetrando no trato respiratório durante a inalação

➤ Poeira torácica;

É a fracção de material particulado suspenso no ar, constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 25 µm, capaz de passar pela laringe e entrar pelas vias aéreas superiores e penetrar nos pulmões;

➤ Poeira respirável

É a fracção de material particulado suspenso no ar, constituída por partículas de diâmetro aerodinâmico menor que 10 µm, capaz de penetrar além dos bronquíolos terminais e se depositar na região de troca de gases dos pulmões.

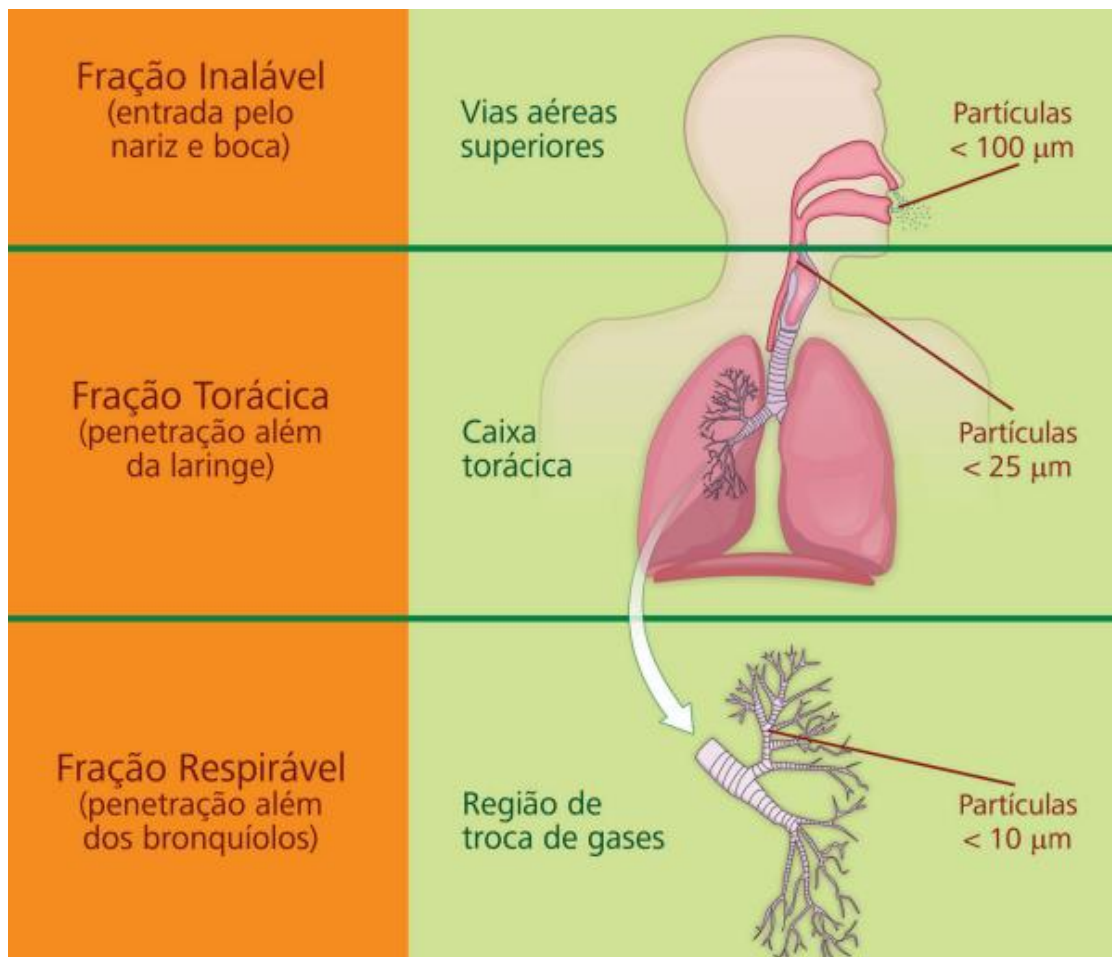


Figura 1. Classificação das poeiras. Fonte (Peixoto, et al., 2013)

A indústria do cimento emite uma grande quantidade de poeiras na atmosfera no exercício das actividades de produção. A emissão dessas partículas inicia na fase de extracção das matérias-primas e continua na planta com a movimentação das matérias-primas e no processo produtivo em geral.

Essas poeiras causam nos trabalhadores expostos diversos efeitos negativos a sua saúde e podem afectar em algumas situações o desempenho dos mesmos nas suas actividades, visto que a poeira para além de causar danos a saúde, põe em risco a segurança dos trabalhadores com a redução da visibilidade nos locais de emissão. Os danos podem ser externos, com o surgimento de dermatites que podem ser:

➤ **Dermatites por irritação**

Que atingem principalmente as mãos, antebraços, pescoço, rosto e pernas dos trabalhadores expostos e apresentam sintomas como manchas vermelhas na pele (eritema), inchaço (edema), vesículas, bolhas que podem ser acompanhadas por prurido que com o passar do tempo, pode evoluir para o espessamento cutâneo com descamação e fissuras. A gravidade dos sintomas varia de acordo com a concentração, tempo de exposição e de factores individuais.

➤ **Dermatites por reacção alérgica**

É desencadeada, mesmo que em baixas concentrações, quando o trabalhador afectado possui alergia a algum dos componentes das poeiras aos quais foi exposto. Os seus sintomas iniciais são semelhantes aos da dermatite por irritação e evolui para casos de exsudação e descamação da pele nas áreas de contacto.

As doenças do sistema respiratório, são causadas pela inalação das poeiras e podem variar de simples falta de ar pelo bloqueio das vias respiratórias e renite, a quadro clínicos mais graves como a asma ocupacional, bronquite industrial, fibrose pulmonar, proteinose pulmonar e silicose.

❖ **Gases**

São substâncias cujas moléculas se encontram dispersas pelo ar. Tem mobilidade e ocupam todo o espaço que se encontra disponível. Nas condições ambientais normais de temperatura e pressão, os gases se encontram no estado gasoso e somente poderão ser liquefeitos, quando

submetidos a pressões elevadas e a baixas temperaturas para que as suas moléculas se aproximem e sejam condensadas.

➤ Monóxido de carbono

O CO é um gás membro da família dos gases asfixiantes químico e é um gás extremamente perigoso, inodoro, incolor, insípido e não é irritante. É produzido pela combustão incompleta de materiais de carbono e quando esta reacção ocorre em locais fechados ou com pouca ventilação, há acúmulo do gás e condicionam a inalação durante a respiração dos trabalhadores expostos.

O CO tem grande afinidade com a hemoglobina presente nos glóbulos vermelhos do sangue que transportam o O₂ para os órgãos do corpo. Uma vez na corrente sanguínea e devido a sua afinidade ser até 240 vezes maior que a do O₂, o CO vai se ligar a molécula de Hb e há a conversão da HbO em COHb. Com isso, haverá redução dos níveis de oxigénio no organismo e comprometimento do funcionamento normal com consequências como tonturas, sonolência, náuseas e vômitos, distúrbios visuais e auditivos e doenças respiratórias, diminuição da capacidade física e morte por asfixia ou infarto.

➤ Dióxido de carbono

O CO₂ é um gás produzido na respiração e combustão completa de materiais de carbono. É incolor, inodoro o que impede a sua identificação e mais denso que o ar o que torna o ar contaminado pesado para a respiração do individuo exposto. Este, apresenta vários efeitos com a exposição e concentrações.

Tabela 2-13. Efeitos da exposição ao CO₂. Fonte (White Martins Gases Industriais S.A, 2001)

Concentração	Efeitos no trabalhador exposto
1%	A respiração do indivíduo exposto aumenta levemente.
2%	A respiração aumenta em até 50% acima do normal; dores de cabeça e fadiga quando submetido a uma exposição prolongada.
3%	A respiração aumenta em duas vezes acima do normal e se torna difícil; distúrbios auditivos, dor de cabeça e aumento da pressão arterial e pulsação.
4-5%	Os sinais de sufocamento começam a surgir e a respiração fica cada vez mais difícil.
5-10%	Respiração difícil, confusão visual, zumbido no ouvido.
>10%	Começam os casos de inconsciência.
50-100%	Pode ocasionar morte por asfixia em casos de exposição prolongada.

O CO₂ é um gás asfixiante que no início da exposição, estimula a respiração e a posterior provoca a falta de ar no indivíduo.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, serão apresentados os procedimentos para a medição e análise dos parâmetros de destaque tais como os materiais usados para se proceder com a recolha dos dados.

3.1 Metodologia

I. Pesquisa bibliográfica

De modo a se atingirem os objectivos descritos foi utilizado o modelo de pesquisa qualitativa onde foi feita a fundamentação teórica através da pesquisa bibliográfica com a consulta de documentos, livros teóricos, artigos e revistas científicas, trabalhos de licenciaturas e relatórios, teses e dissertações para a compreensão e enriquecimento dos conhecimentos relacionados com o tema em questão.

II. Trabalho de campo/recolha de dados

Foi feita uma recolha de dados com a medição dos parâmetros na fonte de estudo para posterior tratamento e avaliação. Os equipamentos de medição de poeiras devem simular de maneira mais aproximada possível o que acontece com o trabalhador exposto

III. Tratamento dos dados, análise e discussão dos resultados

Os dados obtidos foram analisados com o auxílio da ferramenta Excel para a elaboração dos gráficos e tabelas de modo a facilitar a compreensão e comparação dos parâmetros.

3.2 Local de amostragem



Figura 2. Fábrica de Cimento em estudo. Fonte (website oficial)

As medições foram feitas nas instalações de uma fábrica de cimentos, localizada na província de Maputo. Foram feitas durante as actividades laborais dos trabalhadores para maior fidelidade nos dados recolhidos.

Os pontos de amostragem foram as oficinas mecânicas, área de matérias-primas, laboratórios de física, química e de controlo automático, ensacagem, balança, silos, topo dos silos, elevador, classificação, jardim, área comum, comunidade e entrada, onde se mediu as vibrações, as poeiras, gases e ruído.

Tabela 3-1. Pontos de medições dos parâmetros ocupacionais

Local de amostragem	Ruído	Vibrações	Poeiras	Gases
Oficinas	x		x	x
Matérias-primas		x	x	
Laboratório de física	x			x
Laboratório de química				x
Laboratório de controlo automático				x
Ensacagem		x	x	x
Moinho			x	
Jardim	x	x		
Entrada	x			
Comunidade	x		x	
Área comum			x	
Classificação	x	x	x	
Elevador		x		
Silos		x		
Topo dos silos		x		
Balança				x

3.3 Métodos de medição

➤ Ruído

A medição do ruído foi feita de forma pontual nos locais com presença de máquinas e ferramentas mecânicas que causem ruído especificamente em momentos em que os trabalhadores estavam a exercer as suas actividades.

Para a medição, foi usado um sonómetro para a obtenção dos níveis de intensidade sonora presentes no ambiente de trabalho e a posterior os dados foram transferidos para processamento.



Figura 3. Aparelho para a medição de ruído

➤ Vibrações

As medições das vibrações que os trabalhadores estavam expostos, foram feitas em diferentes partes do corpo nomeadamente, mão, braço, ombro e pé de acordo com a parte que recebe a exposição das vibrações.

Para se fazer as medições, o equipamento era encostado ao ponto de medição para que se determinasse a quantidade exacta de vibrações que o trabalhador recebia. Foram feitas três medições por ponto.

A vibração, é um parâmetro ocupacional de contacto, onde o equipamento deve ser encostado ao trabalhador em actividade para a obtenção dos valores ao qual este está exposto.



Figura 4. Medidor de vibrações

➤ Poeiras

Os equipamentos de medição de poeiras devem simular da forma mais aproximada possível o que acontece no sistema respiratório quando se inala poeiras durante as actividades desenvolvidas no trabalho. Em outras palavras, as poeiras que foram colectadas pela bomba, são somente as que podem penetrar no sistema respiratório do trabalhador exposto.

Para avaliação da exposição ocupacional a poeiras foram usados os seguintes materiais:

- Bomba gravimétrica para a medição das poeiras;
- Cassetes com suporte e filtro;
- Mangueiras.

A mangueira foi conectada a cassete com filtro do lado em que ocorre a sucção e ligada a bomba gravimétrica para o início da avaliação. A cassete foi posicionada no trabalhador bem próxima as vias respiratórias para que houvesse maior precisão na avaliação e a bomba foi colocada na cintura. Durante as medições, o ar respirado foi filtrado e as poeiras foram colectadas pelo filtro.

As poeiras ambientais, foram medidas com um equipamento que faz a leitura das concentrações das poeiras dispostas no ambiente a cada minuto e nos deu as concentrações totais para além das concentrações das partículas de diversos tamanhos (PM10, PM2.5, PM1).



Figura 5. Medidor de poeiras ambientais

➤ Gases

As medições de gases foram feitas em diferentes pontos da fábrica onde havia susceptibilidade de contaminação do ar pelos gases em questão (CO e CO₂) onde os gasómetros calibrados foram posicionados em alguns pontos para medir as concentrações dos gases no ar durante as actividades no local. A actividade com maior produção de gases na fábrica de cimentos é a de produção de clínquer quando ocorre a calcinação, onde o calcário é transformado em CaO e CO₂.



Figura 6. Medidor de gases

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, foi feita a discussão dos resultados obtidos da avaliação dos parâmetros ocupacionais de risco numa fábrica de cimento para determinar se o cumprimento dos padrões recomendados para a exposição dos trabalhadores.

❖ Ruído

Os valores de ruído apresentados no gráfico, mostram que no laboratório de controlo automático, moinho, oficinas, entrada e na comunidade os níveis de ruído apresentados estão abaixo do valor máximo permitido, o que mostra que nesses locais os trabalhadores podem permanecer ou exercer as suas actividades durante as suas jornadas, desde que não haja a ocorrência de um ruído de impacto, sem o risco de um acidente ou doença de trabalho provocada pela exposição.

Na ensacagem, o nível equivalente de ruído foi de 85.4 dB, o que significa que está no limite máximo estabelecido para uma jornada de 8 horas. Sendo assim, os trabalhadores não devem exceder a carga horária mencionada com o risco de contrair alguma doença auditiva se a exposição acima do tempo permitido for contínua. Na classificação, o valor do ruído excedeu o limite máximo estabelecido para uma jornada diária de trabalho e não permite que o trabalhador esteja nesse local por mais de 4 horas.

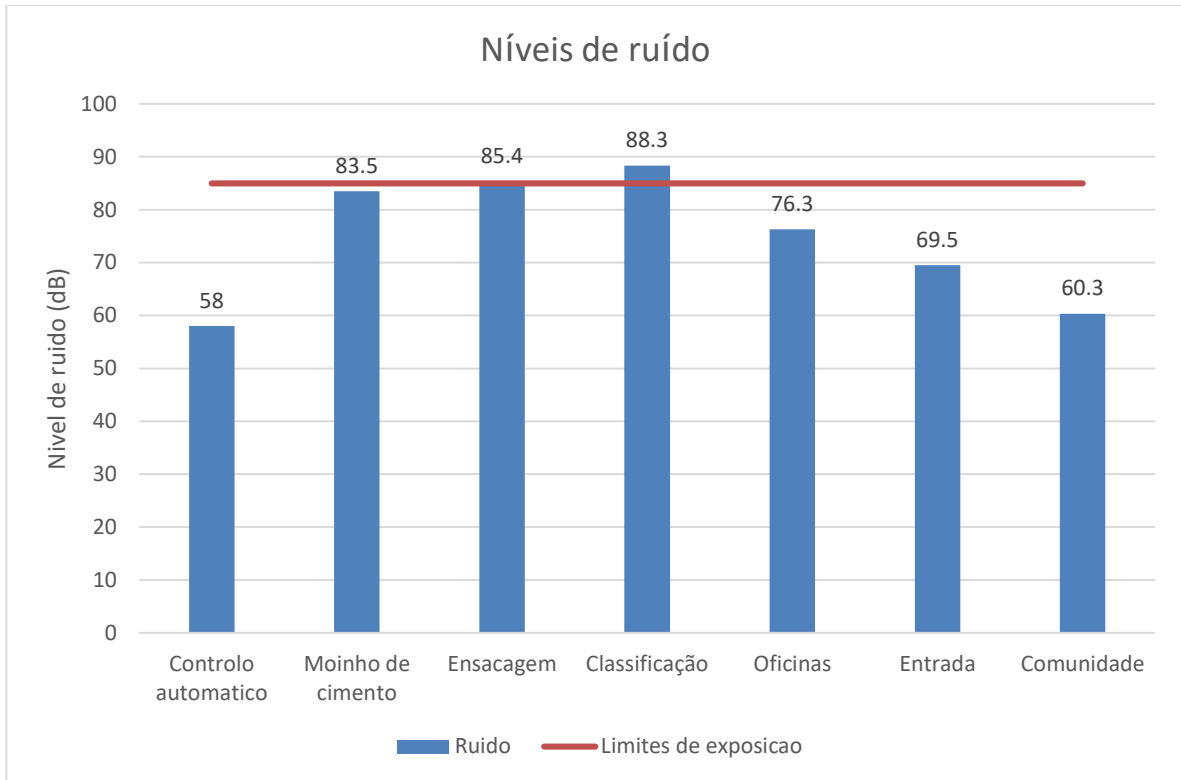


Gráfico 1. Valores dos níveis de ruído

❖ Vibração

Dos parâmetros físicos avaliados, a vibração mostrou os resultados mais críticos em termos de valores que ultrapassam os limites pré-estabelecidos.

Os gráficos mostram os valores de vibrações aos quais os trabalhadores estão expostos nos dois sistemas, mão-braço e corpo inteiro respectivamente.

No sistema mão-braço, os trabalhadores usavam equipamentos de menor dimensão no jardim e oficina e uma pá escavadora no hangár de matérias-primas. Em todas as actividades os valores de vibração calculadas para uma jornada de oito horas diárias ultrapassaram os limites estabelecidos para a exposição dos trabalhadores. Estes valores representados no gráfico 2, mostram que há uma necessidade de se estabelecerem medidas de controlo para que as vibrações não causem danos aos operadores.

No sistema de corpo inteiro, os trabalhadores recebiam a vibração através dos pés e mãos e o limite máximo de exposição nesse sistema é menor em relação ao sistema mão-braço.

Os valores obtidos apresentados no gráfico 3 mostram que os silos apresentam os valores de exposição as vibrações mais elevados calculadas para uma jornada diária de trabalho e as consequências podem ser agravados com uma exposição contínua durante longos períodos de tempo sem que haja o estabelecimento de medidas para redução dos riscos.

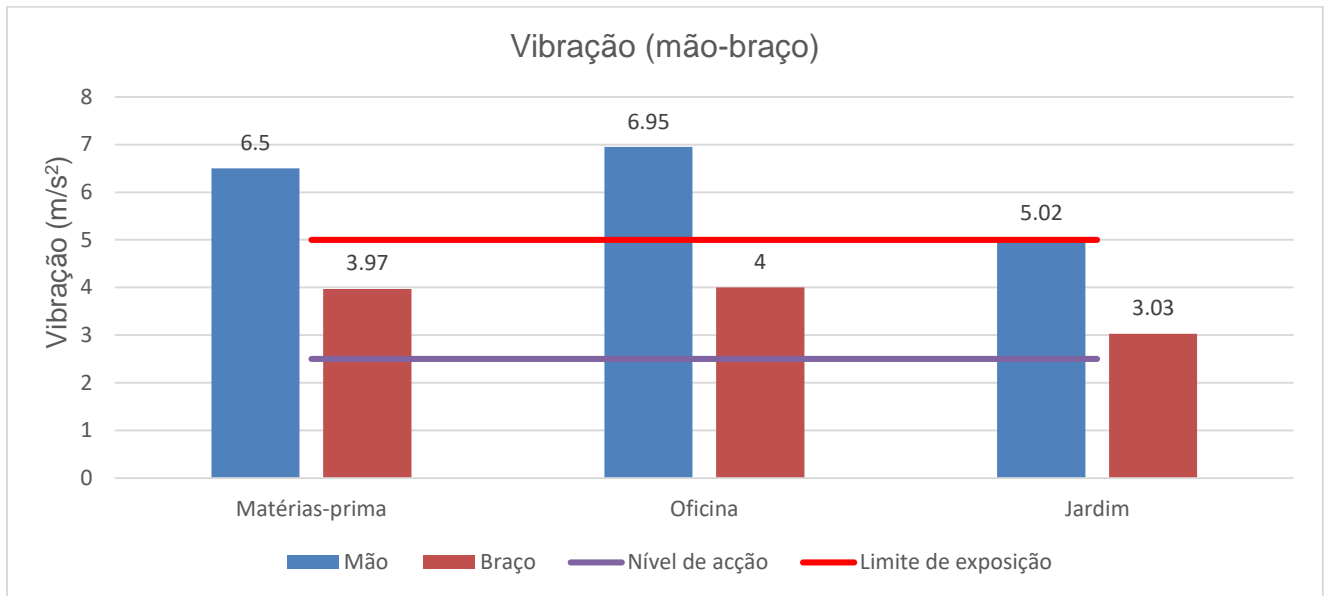


Gráfico 2. Valores das vibrações do sistema mão-braço

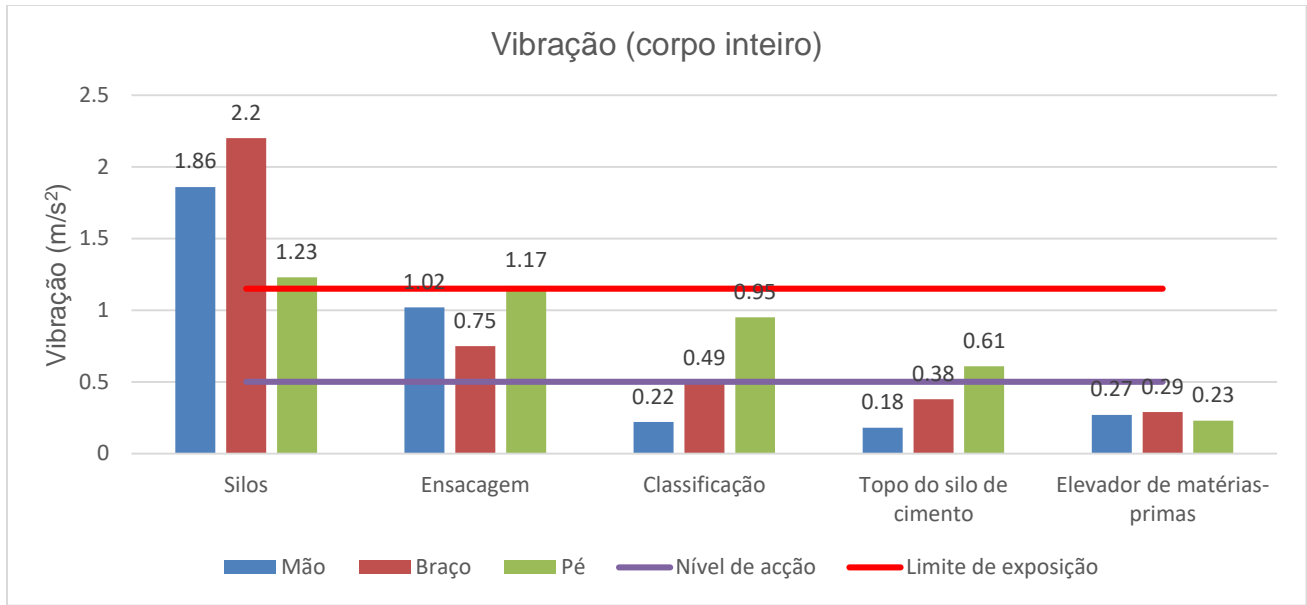


Gráfico 3. Valores das vibrações do sistema de corpo inteiro

❖ Poeiras

Os resultados obtidos, mostram a extrapolação excessiva dos valores das poeiras medidas aos padrões estabelecidos para a exposição das mesmas no ambiente ocupacional, tanto as poeiras geradas nas actividades desenvolvidas pelos trabalhadores nos seus sectores, tanto as poeiras ambientais resultantes de outras actividades que afectam ao colaboradores em outros sectores da fábrica que não são o de produção.

Na ensacagem foi encontrado o valor mais crítico de poeiras, pois os trabalhadores estão em contacto directo com o cimento durante todo processo e recebem a maior quantidade de poeira visto que o cimento é um pó fino.

As poeiras ambientais são resultado da disposição do pó de cimento resultante das actividades de manufactura e afecta os diferentes sectores da fábrica.

Tabela 4-1. Concentração das poeiras ocupacionais

Ponto de amostragem	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Oficinas-Electricidade	3181.82
Moinho	1864.80
Matéria-prima	3571.43
Ensacagem	35905.27
Limite de exposição	50

Tabela 4-2. Concentração das poeiras ambientais

Ponto de Amostragem	Partículas totais ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Área Comum	661.97	280.03	34.07	7.81
Comunidade	542.78	279.03	30.91	8.02
Ensacagem	6527.90	6527.90	651.34	640.97
Classificação	6527.90	6527.90	652.79	652.79
Limite de exposição	50	50	25	-

Com isso, se conclui que há elevado risco dos trabalhadores doenças ocupacionais ocasionadas pela exposição excessiva as poeiras durante as suas actividades e condiciona o seu bom desempenho.

❖ **Gases**

Os valores dos gases CO e CO₂ mostram resultados satisfatórios quando comparados com os padrões estabelecidos usados como referência, o que indica indica menores riscos aos quais os trabalhadores estão expostos pela acção dos gases, porém não devem ser negligenciadas as medidas de segurança na fábrica.

Tabela 4-3 . Valores das concentrações do gás CO

Local de amostragem	CO, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Limites de exposição ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Laboratório de física	0.008	10000
Laboratório de química	0.002	10000
Laboratório de controlo automático	0.0008	10000
Oficina mecânica	0.001	10000

Tabela 4-4. Valores das concentrações do gás CO₂

Local de amostragem	CO ₂ , mg/m^3	Limites de exposição (mg/m^3)
Laboratório de física	0.023	500
Laboratório de química	0.013	500
Laboratório de controlo automático	0.035	500
Oficina	0.053	500
Balança	0.53	500

4.1 Avaliação de riscos

O processo de avaliação de riscos, consistiu em identificar, para além dos parâmetros de interesse na fábrica de cimento, os restantes perigos e riscos associados as diferentes actividades encontradas.

Tabela 4-5. Avaliação de riscos usando o método WTF

Actividade	Perigo	Parâmetro de risco	Risco	Avaliação dos riscos				Nível do risco
				C	E	P	G.P	
Movimentação e processamento inicial das matérias-prima	Vibração provocada pelo veículo	Físico	Distúrbios músculo-esqueléticos	5	10	10	500	Extremo
	Posturas inadequadas	Ergonómico	Fadiga e dores musculares	5	10	10	500	Extremo
	Inalação de poeiras	Químico	Doenças respiratórias	5	10	6	300	Baixo
	Redução da visibilidade devido a poeiras	Químico	Colisão entre veículos	50	10	0.5	250	Muito Elevado
	Contacto do trabalhador com as poeiras	Químico	Surgimento de dermatites	5	10	1	50	Baixo
	Circulação de veículos	Mecânico	Acidentes por embate de viaturas	50	10	1	500	Extremo
	Ruído provocado pelos equipamentos	Físico	Distúrbios auditivos	15	10	3	450	Baixo
Manutenção	Ruidos	Físico	Distúrbios auditivos	15	10	6	900	Extremo
	Manuseamento de equipamentos cortantes	Físico	Lesões por corte, perfuração	1	10	3	30	Baixo
	Uso de equipamento de soldar	Físico	Queimaduras e lesões oculares	15	6	3	270	Muito Elevado
	Uso de electricidade	Físico	Electrocussão	25	10	1	250	Muito Elevado
	Fumos e gases	Químico	Dores de cabeça, intoxicação, asfixia, problemas de respiração	25	6	6	900	Extremo
Ensacagem do cimento	Inalação de poeiras	Químico	Problemas respiratórios	15	10	10	1500	Extremo
	Contacto do trabalhador com as poeiras do cimento	Químico	Dermatites	5	10	10	500	Extremo
	Ruído	Físico	Distúrbios auditivos	15	10	6	900	Extremo
	Vibração	Físico	Distúrbios músculo-esqueléticos	5	10	10	500	Extremo

Actividade	Perigo	Parâmetro de risco	Risco	Avaliação dos riscos				Nível do risco
				C	E	P	G.P	
Jardinagem	Exposição a radiação solar	Físico	Insolação, queimaduras de sol	1	3	6	18	Baixo
	Vibração provocada pelo cortador de relva	Físico	Distúrbios músculo-esqueléticos	1	3	10	30	Baixo
	Proiecção de partículas	Mecânico	Irritação da pele, perfuração e lesões oculares	5	3	3	45	Baixo
	Ruído	Físico	Dores de cabeça, distúrbios auditivos	1	3	10	30	Baixo
Análises laboratoriais	Contacto com substâncias químicas	Químico	Irritação da pele, queimaduras	1	6	1	6	Baixo
	Inalação de gases tóxicos	Químico	Intoxicação, asfixia	25	6	1	150	Médio
	Ruído	Físico	Distúrbios auditivos, dores de cabeça	15	6	3	270	Muito Elevado
Controlo automático	Utilização de computadores e contacto com tomadas	Físico	Electrocussão	5	10	3	150	Médio
	Inalação de poeiras e gases	Químico	Problemas respiratórios, dores de cabeça, intoxicação, asfixia	5	15	10	750	Extremo
	Posturas inadequadas	Ergonómico	Lesões musculares	1	10	10	100	Médio
Verificação dos silos	Queda em altura	Mecânico	Fraturas, morte	25	3	3	225	Elevado
	Temperaturas altas	Físico	Fadiga, dores de cabeça	1	3	1	3	Baixo
	Vibrações	Físico	Distúrbios músculo-esqueléticos	15	3	6	270	Muito Elevado
	Ruído	Físico	Distúrbios auditivos	5	3	6	90	Médio
Moinho	Ruído	Físico	Distúrbios auditivos	15	3	3	135	Médio
	Poeiras	Químico	Dermatites, problemas pulmonares	15	3	10	450	Extremo

Na tabela anterior, foi feito o levantamento dos perigos presentes nas actividades envolvidas no processo de produção de cimento e os riscos aos quais os trabalhadores estão expostos.

Esta avaliação foi feita através da identificação dos perigos de cada sector de actividade e a determinação dos valores da consequência que os trabalhadores estão sujeitos e da frequência de exposição a esses perigos e a probabilidade da materialização das consequências. Com base nesses valores, foi feito o cálculo do grau de perigosidade para a determinação do nível dos riscos propostos o que permitiu determinar a acção que deve ser tomada posteriormente. Os riscos foram classificados como baixos quando o valor do grau de perigosidade era inferior a 85 e não exigia correcção urgente, médios quando os valores eram iguais ou superiores a 85 porem inferiores a 200, elevados quando os valores obtidos oscilam a partir dos 200 até 250, muito elevado quando os valores obtidos eram iguais ou superiores a 250 e inferiores a 400 e o risco era extremo quando os valores obtidos foram superiores a 400 e necessitam de uma correcção imediata.

O sector da ensacagem apresentou níveis de risco mais elevados o que mostra a necessidade de correcção imediata com o uso de medidas para controlar a exposição dos trabalhadores aos perigos. O sector da jardinagem apresentou os níveis de risco mais baixos, pois a exposição a esses perigos não era contínua e as consequências da sua exposição eram mínimas.

Verificou-se também que há maior susceptibilidade da presença de riscos físicos e químicos na indústria em relação aos parâmetros de risco mecânicos, biológicos e ergonómicos.

4.1.1 Medidas de controlo

As medidas de controlo propostas para fazer face aos perigos identificados nas actividades tem em vista a redução ou prevenção, com o controlo dos perigos e seus respectivos riscos e reduzir a exposição dos trabalhadores.

- Manter o local de trabalho ventilado e uso de um sistema de exaustão;

- Utilização de EPI's durante as actividades ou visitas ao local de produção, nomeadamente: máscaras com filtro e luvas adequadas para as actividades para evitar o contacto da pele ou inalação de substâncias químicas, poeiras e reduzir o risco de lesões nas mãos; uso de óculos de protecção e protectores auriculares; botas de biqueira de aço, capacetes, coletes reflectores; uso de vestuário adequado de mangas e calças compridas para proteger do contacto da pele com substâncias indesejadas e variações de temperaturas;
- Adoção de posturas adequadas durante a execução;
- Rotatividade dos trabalhadores durante as jornadas de trabalho para para minimizar a fadiga e conseqüentemente, reduzir a tendência de adoção de posturas incorrectas, falta de atenção nas actividades e potencializar o cuidado para reduzir os riscos de exposição;

5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo, darei as considerações finais do trabalho tendo em conta os objectivos que foram delimitados no início do trabalho e algumas recomendações.

❖ Conclusão

O presente trabalho abordou a questão dos riscos ocupacionais em que os trabalhadores da indústria de cimento estão expostos tendo como foco a avaliação dos parâmetros de risco físico, em particular o ruído e vibrações, e os parâmetros de risco químico com destaque nas poeiras e gases.

Numa primeira etapa, foi feito um levantamento geral dos parâmetros ocupacionais, tendo sido identificados os parâmetros físicos, que são provocados pela presença de condições físicas, máquinas ou equipamentos características do local, parâmetros de risco químicos, que são apresentados sob forma de substâncias químicas na forma líquida, sólida ou gasosa, parâmetros de risco biológico que são microrganismos com susceptibilidade de provocar doenças, parâmetros de risco ergonómicos caracterizados pela má postura, esforço físico extremo, e por fim os parâmetros de risco mecânicos que são situações que contribuem para a ocorrência de acidentes no local de trabalho.

A revisão da literatura, permitiu compreender melhor os 4 parâmetros propostos para avaliação na fábrica de cimentos, as suas características, e os impactos que eles causam a saúde e produtividade dos trabalhadores no exercício das suas actividades laborais e concluiu-se, que há a extrapolação dos padrões estabelecidos para as poeiras, vibrações e alguns pontos para o ruído, o que implica maiores riscos para os trabalhadores. Os resultados dos gases, mostraram resultados mais satisfatórios, porém não se devem excluir as medidas de segurança para preservação da saúde dos trabalhadores.

Foi feito também, um levantamento dos outros perigos presentes no ambiente de produção de cimento, para se quantificar a magnitude dos riscos presentes e a actividade de fabricação de cimento mostrou que necessita de atenção, pois coloca a saúde dos trabalhadores em risco em diversos sectores e com uma exposição continua.

❖ **Recomendações**

As recomendações propostas são:

- Conscientização de todos os colaboradores da fábrica através de formações e reuniões com vista a dar a conhecer os perigos aos quais estão expostos e as formas as quais podem ser aplicadas para reduzir as consequências da exposição a esses parâmetros;
- Fazer-se uma avaliação periódica das condições de trabalho para averiguar os possíveis agravamentos dos perigos e riscos aos quais os trabalhadores estão expostos;
- Estudo aprofundado dos demais parâmetros para melhor compreensão de todos os riscos envolvidos na produção de cimento e suas possíveis consequências.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Almeida, John Hebert da Silva. 2017.** *Análise de Riscos em Fabricas de Artefatos de Cimentos do Municipio de Cruz das Almas*. Cruz das Almas : UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA, 2017.
2. **Anjos, Tiago Fernandes Alves dos. 2013.** *Dosimetria de Ruído: Comparação dos Resultados Gerados a partir de Diferentes Periodos de Medição*. Curitiba : Universidade Federal do Parana , 2013.
3. **Arezes, Pedro Miguel Ferreira Martins. 2002.** *Percepção do Risco de Exposição*. s.l. : Escola de Engenharia da Universidade do Minho , 2002.
4. **Barazzutti, Lamartine Diniz e Corrêa, Paulo Ricardo.** ANÁLISE DE GASES EM LOCAIS DE TRABALHO. www.safetyjob.com.br. [Online]
5. **Batistela, Gislaine Cristina, Gatin, Ana Paula Peres e Simoes, Danilo. 2019.** *Avaliação dos Níveis de Ruído Ocupacional em uma Indústria de Fabricação de Papel*. Santos, São Paulo : Enegep, 2019.
6. **Braga, Cristiano Augusto Da Costa. 2007.** *Exposição Ocupacional a Vibrações no Sistema Mão-Braco no Sector da Construção*. Porto - Portugal : Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia, 2007.
7. **Cabral, Fernando. 2012.** *Manual de Segurança, Higiene e Saúde do Trabalho*. Lisboa : Verlag Dashofer, 2012.
8. **Carneiro. 2011.** *Avaliação de Riscos: Aplicação a um Processo de Construção*. s.l. : Universidade de Aveiro, 2011.
9. **Carvalho, Felipe Baffi de. 2019.** *Estudo da Vibração Ocupacional de Corpo Inteiro em Pedreiras na Região Metropolitana de São Paulo*. São Paulo : Universidade de São Paulo - Escola Politécnica, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, 2019.
10. **Carvalho, Filipa Catarina Vasconcelos da Silva Pinto Marto. 2007.** *Avaliação de Risco - Estudo comparativo entre diferentes métodos de Avaliação de Risco, em situação real de trabalho*. Lisboa : Universidade Técnica de Lisboa - Faculdade de Motricidade Humana, 2007.
11. **Carvalho, Filipa. 2013.** *Fiabilidade na Avaliação de Risco: Estudo comparativo de métodos semi-quantitativos de Avaliação de Risco em contexto ocupacional*. Lisboa : Universidade de Lisboa, 2013. Dissertação de Doutoramento.

12. **Carvalho, Maria Beatriz Maury de. 2008.** *Impactos e Conflitos da Produção de Cimentos no Distrito Federal.* Brasília : Universidade de Brasília - Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2008.
13. **Contente, Solange Seabra. 2018.** *Avaliação de Riscos numa empresa de testes hidráulicos.* Setúbal : Instituto Politecnico de Setúbal, 2018.
14. **Cunha, Irlon de Angelo da e Giampaoli, Eduardo. 2012.** *Norma de Higiene Ocupacional - Procedimento Técnico.* Sao Paulo - Brasil : FUNDACENTRO, 2012.
15. **de Andrade, Luis Pinto, et al. 2018.** GUIA DE BOAS PRÁTICAS - Gestão de Riscos e Perigos para a Saúde, Segurança e Higiene no Trabalho. [Online] 2018.
16. **EEEP.** *Inspeção de Riscos II.* Ceara : Escola Estadual de Educação Profissional - EEEP.
17. **Fernandes, Ana Paula Soromenho. 2013.** *Ruido Ocupacional - Avaliacao de Ruido: Estaleiro Central da SETH, SA.* Setubal : Instituto Politecnico de Setubal, 2013.
18. **Fine, William T. 1971.** *Mathematical Evaluations for Controlling Hazards.* White OAK, Maryland : Naval Ordnance Laboratory, 1971.
19. **Fonseca, Alberto e Ferraz, Iris. 2002.** Higiene e Segurança no Trabalho - Ficha Tecnica PRONACI. [ed.] Associação Empresarial de Portugal. 2002.
20. **Franco, Jose Miguel Vieira. 2010.** *Contributos de Estudo da Exposicao ao Ruido Ocupacional: Analise de uma Central Termoelectrica.* Porto - Portugal : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
21. **Giampaoli, Eduardo, Saad, Irene Ferreira de Souza Duarte e da Cunha, Irlon de Angelo. 2001.** Norma de Higiene Ocupacional: Procedimento Tecnico. *Avaliacao da Exposicao Ocupacional ao Ruido.* Brasil : FUNDACENTRO, 2001.
22. **Gonçalves, Gisela Ramos. 2014.** *A Avaliação de Riscos Ocupacionais na Gestão de Resíduos de Equipamentos Eletricos e Eletronicos (REEE).* Porto - Portugal : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014. Dissertação de Mestrado.
23. **GUAITOLINI, GUILHERME. 2019.** *HIGIENE OCUPACIONAL: AERODISPERSÓIDES TIPO POEIRAS SILICOSAS.* UBERLÂNDIA - MG : UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA , 2019.
24. **Lima, André Barbosa de. 2011.** *O processo Produtivo do Cimento Portland.* Belo Horizonte : Universidade Federal de Minas Gerais, 2011.

25. **Lopes, André. 2022.** *Vibrações Ocupacionais – Riscos e Avaliação.* <https://www.apopartner.pt/vibracoes-ocupacionais-riscos-e-avaliacao/>. [Online] 2022. [Citação: 04 de março de 2023.]
26. **Lousa, Ana Rita Bolinhas. 2014.** *Identificação de Perigos e Avaliação de Riscos Profissionais de uma Oficina Automóvel.* Setúbal : Instituto Politecnico de Setúbal, 2014.
27. **Manfro, Ricardo Patrik. 2021.** *Avaliação da Exposição ao Ruído Ocupacional em uma Fábrica de Racoos.* Cerro Largo : Universidade Federal da Fronteira Sul, 2021.
28. **Meira, Tatiane Costa, et al. 2012.** *Exposição ao Ruído ocupacional: Reflexões a partir do Campo da Saúde do Trabalhador.* Bahia - Brasil : InterfacEHS - Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade, 2012.
29. **Melo, Rui Miguel Bettencourt. 2006.** *Exposição Ocupacional às Vibrações Transmitidas ao Corpo Inteiro: Factores Condicionantes na Condução de Autocarros Urbanos.* Lisboa - Portugal : Universidade Técnica de Lisboa - Faculdade de Motricidade Humana, 2006.
30. **Mendes, Antonio Francisco Tranoso. 2011.** *Ruído Ocupacional em Ambiente Industrial.* Porto - Portugal : Universidade do Porto - Faculdade de Engenharia, 2011.
31. **Mendonça, Ana Lisa Português Valagão de. 2013.** *MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS - CONTRIBUTO PARA A SUA APLICABILIDADE NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL.* s.l. : UNIVERSIDADE DO ALGARVE - Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2013.
32. **Ministério da Saúde. 2002.** *Saúde do Trabalhador.* Brasília : Secretaria de Políticas de Saúde - Área Técnica de Saúde do Trabalhador, 2002.
33. **Peixoto, Neverton Hofstadler e Ferreira, Leandro Silveira. 2013.** *Higiene Ocupacional III.* Santa Maria : o Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria, 2013.
34. **PRONACI. 2002.** *Higiene e Segurança no Trabalho - Ficha Técnica.* [ed.] PRONACI - Programa Nacional de Qualificação de Chefias Intermédias. s.l. : AEP - Associação Empresarial de Portugal, 2002.
35. **Ramos, Bruno Eugenio. 2013.** *Avaliação do Ruído Ambiental e Ocupacional em uma Fábrica de Papel Kraft Extensível .* Curitiba - Brasil : Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Departamento Acadêmico de Engenharia Civil, 2013.

36. **Rodrigues, Gilson Lucio. 2015.** Exposicao ao Ruido e a Poeira: Danos a Saude, Avaliacao e Medidas de Controle. *Trabalho Seguro e Saudavel no Sertao do Araripe*. Araripina : FUNDACENTRO, 2015.
37. **Roxo, Manuel. 2006.** *Seguranca e Saude do Trabalho: Avaliacao e Controlo de Riscos*. 2ª. s.l. : Almedina, 2006.
38. —. **2003.** *Seguranca e Saude do Trabalho: Avaliacao e Controlo de Riscos*. Coimbra : Almedina, 2003.
39. **Rubens, Marcella Almeida. 2019.** *Higiene Ocupacional: Gases e Vapores*. UBERLÂNDIA – MG : UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA , 2019.
40. **Santos, Mikhael Ferreira da Silva, et al. 2018.** *APLICAÇÃO DO MÉTODO SEMI-QUANTITATIVO WILLIAM T. FINE EM UM CANTEIRO DE OBRA EM CAXIAS/MA*. Maceió : Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2018.
41. **Santos, Monica, et al. 2018.** *Avaliação de Riscos: William Fine*. 2018, Vol. 6.
42. **Santos, Viviane Castro dos, Monteiro, Leonardo de Almeida e Macedo, Deivielison Ximenes Siqueira. 2017.** *Vibrações Ocupacionais*. Brasil : AGRIWORLD, 2017.
43. **Silva, Miguel Filipe Castro Vieira da. 2014.** *AVALIAÇÃO DE RISCOS NO TRABALHO COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO NA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA*. Porto - Portugal : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014.
44. **Silva, Renata Moreira de Sá e. 2013.** *Higiene e Segurança do Trabalho (HST) para Educação Profissional*. Brasília : EDITORA IFB, 2013.
45. **Simões, Sara Cristina Domingos. 2014.** *Ruído e Vibrações no Corpo Humano - Avaliação de Ruído e Vibrações - LAUAK PORTUGUESA – Indústria* . Setúbal : Instituto Politécnico de Setúbal, 2014.
46. **Soromenho, Ana Paula. 2013.** *Ruído Ocupacional - Avaliação de Ruído - Estaleiro Central da SETH, SA*. Setúbal : Instituto Politécnico de Setúbal, 2013.
47. **Vendrame, Antonio Carlos. 2005.** *Vibrações Ocupacionais, Um Pouco de Historia*. <https://docplayer.com.br/10099030-Vibracoes-ocupacionais-antonio-carlos-vendrame-um-pouco-de-historia.html>. [Online] 2005. [Citação: 03 de março de 2023.]
48. **Wessel, Dulcineia Ferreira.** *Higiene Segurança e Saúde no Trabalho - Riscos no Posto de Trabalho*. s.l. : Escola Superior Agraria do Viseu.

49. **White Martins Gases Industriais S.A. 2001.** *Ficha de Informacao de Seguranca de Produtos Quimicos.* Dezembro de 2001.

ANEXOS

Anexo 1

Directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration)						
Key requirements: Scoping and definitions						
Scope of application Arts 1 and 2	The Directive relates to the protection of workers from risks to their health and safety arising or likely to arise from exposure to mechanical vibration (defined in terms of both whole-body and hand-arm vibration) – with exemptions for sea and air transport.					
Key requirements: Common processes and mechanisms						
CPM	Conducting a risk assessment	Ensuring internal and/or external preventive and protective services	Information for workers	Training of workers	Health surveillance	Consultation of workers
Relevant Articles	4	4.3	6	6	8	7
Key requirements: Directive-specific provisions						
Exposure limit values and action values Art. 3	<p>The Directive provides for a set of exposure limit values and exposure action values in respect of the daily vibration exposure levels. These cover both hand-arm (HAV) and whole-body vibration (WBV).</p> <ul style="list-style-type: none"> › exposure limit values (ELV): <ul style="list-style-type: none"> › HAV: the daily exposure limit value standardised to an eight-hour reference period shall be 5 m/s › WBV: the daily exposure limit value standardised to an eight-hour reference period shall be 1.15 m/s or, at the choice of the Member State concerned, a vibration dose value of 21 m/s. › exposure action values (EAV): <ul style="list-style-type: none"> › HAV: the daily exposure action value standardised to an eight-hour reference period shall be 2.5 m/s › WBV: the daily exposure limit value standardised to an eight-hour reference period shall be 0.5 m/s or, at the choice of the Member State concerned, a vibration dose value of 9.1 m/s. 					
Measures to avoid and reduce exposure Art. 5	<p>The Directive requires that, if the EAV is exceeded, measures to eliminate or reduce exposure to vibration are introduced and provides a set of principles to be taken into account in framing such measures.</p> <p>If the EAV is exceeded, the employer shall immediately establish and implement a programme of technical and/or organisational measures intended to reduce the exposure and to avoid its recurrence.</p>					

Anexo 2

Padrões de Qualidade de Ar

Parâmetro ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tempo de amostragem							
	1 hora		8 horas		24 horas		Media aritmética anual	
	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário	Primário	Secundário
Dióxido de Enxofre (SO_2)	800				365		80	
Dióxido de Nitrogénio (NO_2)	400				200		100	
Monóxido de carbono	40.000		10.000					
Ozono	160				50		70	
Partículas totais suspensas					200			
<i>Chumbo</i>	3						0,5 – 1,5	

Anexo 3

Padrões de emissão para poluentes gasosos pelas indústrias

Tipo de actividade	PTS	SO_x	NO_x	Outros
Manufatura alumínio	30			Flúor total = 2// Hf =1//VOCs 20
Manufatura cimento	50	400	600	

Anexo 4

Componente	Ambiente normal	Ambiente poluído
Nitrogênio	78,09%	78,09%
Oxigênio	20,94%	20,94%
Árgon	0,93%	0,93%
Dióxido de carbono	305-370 ppm	330-550 ppm
Monóxido de carbono	0,12-0,90 ppm	10-360 ppm
Dióxido de enxofre	0,0002 ppm	0,01-0,06 ppm
Dióxido de nitrogênio	0,0005-0,02 ppm	0,12-0,25 ppm
Amônio	0,006-0,010 ppm	0,075-0,285 ppm