



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
TRABALHO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**AVALIAÇÃO DE RISCO E ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE
PARTÍCULAS PM10 E PM2,5 NA FÁBRICA LIMAK CIMENTOS S.A
ENTRE OS ANOS DE 2020 à 2024**

Autor:

Mourão Mário Alberto

Supervisor:

Prof. Doutor António Cumbane

Maputo, Dezembro de 2024

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
TRABALHO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

AVALIAÇÃO DE RISCO E ANÁLISE DA CONCENTRAÇÃO DE
PARTÍCULAS PM10 E PM2,5 NA FÁBRICA LIMAK CIMENTOS S.A
ENTRE OS ANOS DE 2020 à 2024

Relatório submetido ao Departamento de Engenharia Química, Faculdade de Engenharia, da Universidade Eduardo Mondlane, como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia do Ambiente.

Autor:

Mourão Mário Alberto

Supervisor:

Prof. Doutor António Cumbane

Maputo, Dezembro de 2024



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE ESTÁGIO
PROFISSIONAL

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, sob minha honra, que o presente trabalho de fim de curso é resultado do meu esforço pessoal, com a orientação do meu supervisor. O conteúdo foi desenvolvido com base nos conhecimentos adquiridos ao longo do curso, bem como nas referências e documentos mencionados ao longo do trabalho.

Maputo, Dezembro de 2024

O Autor

(Mourão Mário Alberto)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a mim mesmo, em reconhecimento ao esforço, à determinação e à resiliência que me permitiram chegar até aqui. Cada desafio superado ao longo desta jornada reforçou minha capacidade de persistir e acreditar em meus objetivos. Este é um marco que celebro com orgulho, sabendo que o empenho e a dedicação me conduziram a esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pelo dom da vida e por Sua graça infinita, que me sustentou em cada etapa desta jornada, guiando-me e fortalecendo-me nos momentos de dificuldade. Expresso também minha profunda gratidão ao meu supervisor, Prof. Doutor António Cumbane, pela sua orientação dedicada, pelos conselhos valiosos e por todo o apoio que foi fundamental para a realização deste trabalho.

Agradeço à minha família, que sempre esteve ao meu lado, e aos meus queridos filhos Tânia, Mira e Alberto Mourão, que são minha maior fonte de motivação. Vocês são os responsáveis por eu querer sempre melhorar, buscar ser um exemplo e oferecer a vocês o melhor de mim. O amor, apoio e incentivo de cada um de vocês foram essenciais nesta caminhada.

Por fim, agradeço a direção da Fabrica Limak Cimentos SA e aos meus amigos e colegas da faculdade, Neves Gugine, Edilene Chiziane, Albertina, Domingas e Carolina com quem compartilhei esta longa caminhada. Juntos enfrentamos desafios, apoiamos mutuamente e celebramos cada conquista ao longo do percurso. A amizade e o companheirismo de vocês foram fundamentais para tornar essa jornada mais leve e gratificante.

O meu muito OBRIGADO

RESUMO

A poluição atmosférica gerada pela indústria de cimento é uma questão crítica para a saúde ocupacional e ambiental, devido à emissão de partículas finas como PM10 e PM2.5. Essas partículas são associadas a diversos impactos negativos, incluindo doenças respiratórias e cardiovasculares aos trabalhadores e comunidades vizinhas. Este estudo analisa a concentração dessas partículas na fábrica Limak Cimentos S.A, avaliando os riscos à saúde e a conformidade com padrões estabelecidos.

Para a análise, utilizou-se dados de monitoramento ambiental fornecidos pela Limak Cimentos, abrangendo o período de 2020 a 2024. Esses dados incluíram medições anuais das concentrações de PM10 e PM2.5 em diferentes locais. Realizou-se uma análise estatística destes para identificar tendências temporais e comparou-se os resultados com os limites da OMS e os limites da legislação Moçambicana (LM). Adicionalmente, o método de William T. Fine foi aplicado para avaliar riscos no ambiente de trabalho, concretamente na fase de produção de cimento, e a posterior foram propostas medidas de mitigação dos riscos associados a esta actividade.

Os resultados da avaliação de risco indicaram que as atividades relacionadas à moagem de cimento e ao armazenamento de matérias-primas apresentaram os maiores graus de perigosidade, com valores de GP variando entre 900 e 2500. Os dados indicaram que, nos primeiros anos do período analisado, as concentrações de PM10 e PM2.5 excederam os limites da OMS em diversos locais, tendo-se destacado o ano de 2022 que registou excessos nos limites da OMS e LM. Isso coincidiu com um aumento de doenças ocupacionais, como infecções respiratórias e dermatites químicas. No que diz respeito às doenças profissionais, houve variações na incidência de problemas respiratórios, que atingiram um pico em 2023 (53 casos). A hipertensão arterial mostrou um aumento gradual, passando de 9 casos em 2020 para 39 casos em 2024, destacando-se como uma das condições de maior preocupação.

Palavras-chave: Indústria de Cimento, Poluição Atmosférica, Partículas Finas (PM10 e PM2.5) e Saúde Ocupacional.

Índice

DECLARAÇÃO DE HONRA.....	I
DEDICATÓRIA.....	II
AGRADECIMENTOS	III
RESUMO	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABELAS	VI
INDICE DE ABREVIATURAS	VII
Capítulo I. Contextualização	1
1.1. Introdução	1
1.2. Problemática	2
1.3. Hipóteses	2
1.4. Objectivos.....	3
1.5. Metodologia.....	4
Capítulo II. Revisão Bibliográfica	5
2.1. Conceitos e Definições.....	5
2.2. Cimento.....	6
2.2.1. Composição do Cimento	7
2.2.2. Classificação do Cimento	7
2.2.1. Etapas de Produção do Cimento	8
2.3. Emissões de Poluentes na Indústria de Cimento	10

2.4. Impacto das Partículas na Saúde Humana e ao Meio Ambiente	11
2.4.1. Efeito Sobre a Saúde Humana	11
2.4.2. Efeito Sobre o Meio Ambiente	13
2.4. Qualidade do Ar	14
2.5. Avaliação e Gestão de Risco	15
2.5. Método William T. Fine.....	16
2.6. Plano de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO)	20
Capítulo III. Caso de Estudo	21
3.1. Localização e Caracterização	21
3.2. Processo Produtivo da Fábrica	22
3.2.1. Recepção e Armazenamento de Matéria-Prima	22
3.2.2. Transporte às Tremonhas de Moagem.....	23
3.2.3. Moagem de Cimento.....	23
3.2.4. Ensacagem e Expedição	24
Capítulo IV. Apresentação e Discussão de Resultados	25
Capítulo V. Conclusões e Recomendações	33
5.1. Conclusões	33
5.2. Recomendações.....	34
6. Referências Bibliográficas	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localização Limak Cimentos, SA. (Google Earth, 2024)	21
Figura 2. Tapete transportador da matéria-prima (Limak, 2024)	22
Figura 3. Hangar de Calcário e Tremonha do moinho (Limak, 2024)	23
Figura 4. Moinho de Cimento (Limak, 2024)	23
Figura 5. Ensacagem e Expedição (Limak, 2024)	24
Figura 6. Evolução Anual de Casos de Doenças Relacionadas (2020-2024)	30

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Distribuição Percentual dos Componentes do Cimento	7
Tabela 2. Parâmetros da qualidade do ar e seus limites de tolerância.	14
Tabela 3. Determinação do fator de consequência (C)	17
Tabela 4. Determinação do fator de exposição (E)	17
Tabela 5. Determinação do fator de probabilidade (P).....	17
Tabela 6. Critério de atuação	18
Tabela 7. Determinação do Fator de Custo (FC)	18
Tabela 8. Determinação do Grau de Correção (GC).....	19
Tabela 9. Determinação do Índice de Justificação (J).....	19
Tabela 10. Avaliação e Gestão de Riscos no Processo de Produção de Cimento - Limak	26
Tabela 11. Concentrações de PM10 e PM2,5 entre os anos de 2020 até 2024	28
Tabela 12. Evolução Anual de Casos de Doenças Relacionadas (2020-2024)	29
Tabela 13. Plano de Monitoramento Contínuo de Partículas PM10 e PM2,5 na Limak Cimentos	31
Tabela 14. Componentes e Diretrizes do PCMSO para a Limak Cimentos S.A.	32

INDICE DE ABREVIATURAS

PM10 - Partículas inaláveis, com diâmetros de até 10 micrômetros.

PM2.5 - Partículas respiráveis, com diâmetros de até 2,5 micrômetros.

OMS - Organização Mundial da Saúde.

LM - Legislação Moçambicana.

GP - Grau de Perigosidade.

IJ - Índice de Justificação.

EPI - Equipamento de Proteção Individual.

ISO - International Organization for Standardization.

GC - Grau de Correção.

FC - Fator de Custo.

CCR - Central de Controle de Risco.

CO - Monóxido de Carbono.

PCMSO - Plano de controlo médico da saúde ocupacional.

CO₂ - Dióxido de Carbono.

Capítulo I. Contextualização

1.1. Introdução

O cimento é um dos materiais mais importantes e amplamente utilizados na construção civil, essencial para a fabricação de concreto, que forma a base de infraestruturas como edifícios, pontes, estradas e barragens. Sua produção envolve um processo complexo que inclui a extração e moagem de matérias-primas como calcário, argila e areia, seguidos da calcinação em fornos a altas temperaturas e, finalmente, a moagem do clínquer, resultando no produto final. Esse processo, embora essencial para o desenvolvimento econômico e social, gera uma série de impactos ambientais, entre os quais a emissão de partículas PM10 e PM2.5.

As partículas finas geradas durante o processo de fabricação do cimento, especialmente aquelas em suspensão no ar, têm o potencial de impactar negativamente tanto no ambiente quanto a saúde dos trabalhadores. Essas partículas podem conter uma variedade de componentes, como sílica, óxidos metálicos e compostos químicos tóxicos, que, quando inalados, podem causar sérios problemas a saúde. Entre as doenças ocupacionais mais associadas à inalação de partículas PM10 e PM2.5, destacam-se a silicose, uma doença pulmonar causada pela inalação de sílica cristalina, e outras condições respiratórias crônicas, como a bronquite, dermatite química e conjuntivite.

A qualidade do ar nas instalações industriais, particularmente em fábricas de cimento, é uma preocupação crescente, dada a relação direta entre a exposição a poeiras e os riscos à saúde dos trabalhadores. De acordo com as estimativas da Organização Mundial da Saúde (OMS), nos primeiros anos do século 21, a poluição do ar causada apenas por partículas matou cerca de 800.000 pessoas e é a décima terceira causa de mortes humanas.

Neste contexto, a fábrica de Limak Cimentos enfrenta o desafio de gerenciar eficientemente suas emissões de partículas finas para garantir a segurança de seus trabalhadores e a conformidade com as normas ambientais. Este estudo visa analisar

detalhadamente a concentração das partículas PM10 e PM2.5 na Limak Cimentos, com o objetivo de avaliar os riscos à saúde ocupacional e propor estratégias de mitigação.

1.2. Problemática

A exposição a partículas em suspensão, como PM10 e PM2,5, emitidas em atividades industriais, representa um risco significativo à saúde humana e ao meio ambiente. Em fábricas de cimento, essas partículas são geradas em grande quantidade e podem conter substâncias tóxicas que, quando inaladas, têm o potencial de causar doenças respiratórias, cardiovasculares e outros problemas de saúde para trabalhadores e comunidades vizinhas. No entanto, a compreensão detalhada dos níveis de concentração dessas partículas, bem como a avaliação dos riscos que elas representam, frequentemente é limitada, o que dificulta o desenvolvimento de estratégias eficazes de mitigação. Diante disso, este estudo visa responder:

"Quais são os níveis de concentração, e riscos associados às partículas PM10 e PM2,5 na LIMAK Cimentos entre 2020 e 2024, e quais medidas podem ser implementadas para reduzir esses riscos à saúde?"

1.3. Hipóteses

A realização deste trabalho surge como uma resposta ao problema identificado, buscando oferecer soluções adequadas. Nesse contexto, são formuladas as seguintes hipóteses:

Hipótese Nula (H_0): Não há relação significativa entre a concentração de partículas PM10 e PM2.5 na fábrica de cimento e o risco à saúde dos trabalhadores e das comunidades próximas.

Hipótese Alternativa (H_1): Há uma relação significativa entre a concentração de partículas PM10 e PM2.5 na fábrica de cimento e o risco à saúde dos trabalhadores e das comunidades próximas.

1.4. Objectivos

O objectivo geral deste trabalho é analisar a concentração das partículas PM10 e PM2.5 na fábrica de Limak Cimentos, com o intuito de compreender os impactos sobre a saúde ocupacional, o meio ambiente e propor medidas de controlo eficazes. Para o alcance deste objectivo definiu-se os seguintes objectivos específicos:

- Avaliar os riscos e impactos das partículas PM10 e PM2.5 sobre a saúde dos trabalhadores (2020-2024);
- Analisar a conformidade dos níveis de partículas PM10 e PM2.5 com as normas e regulamentos vigentes;
- Propor medidas de mitigação para redução das concentrações de partículas PM10 e PM2.5;
- Desenvolver um Plano de controlo médico da saúde ocupacional (PCMSO) dos colaboradores da Limak Cimento SA; e
- Desenvolver um plano de monitoramento contínuo da concentração de partículas PM10 e PM2.5 na Limak Cimentos.

1.5. Metodologia

Para alcançar os objetivos propostos na análise da concentração de partículas de poeira na fábrica de Limak Cimentos, a metodologia do trabalho poderia ser estruturada da seguinte forma:

Revisão Bibliográfica – A pesquisa bibliográfica visa revisar literatura científica, normas, técnicas, e estudos de casos anteriores relacionados à análise de partículas finas em fábricas de cimento.

Análise e discussão de resultados – Para a análise, utilizaram-se dados de monitoramento ambiental fornecido pela Limak Cimentos, abrangendo o período de 2020 à 2024. Esses dados incluíram medições anuais das concentrações de PM10 e PM2.5 em diferentes locais. Realizou-se uma análise estatística destes para identificar tendências temporais e comparou-se os resultados com os limites da OMS e os limites da legislação Moçambicana (LM). Adicionalmente, o método de William T. Fine foi aplicado para avaliar riscos no ambiente de trabalho, concretamente na fase de produção de cimento, e a posterior foram propostas medidas de mitigação dos riscos associados a esta actividade.

Redação do relatório final de estágio profissional.

Capítulo II. Revisão Bibliográfica

2.1. Conceitos e Definições

Qualidade do ar – Refere-se à condição da atmosfera em relação à presença de poluentes que podem afetar a saúde humana, os ecossistemas e o clima (Gomes, 2020).

PM10 – Refere-se à partículas com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 10 micrômetros (μm), que podem ser inaladas (Aikes, 2019).

MP2,5 – Refere-se à partículas com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 2.5 micrômetros (μm), suficientemente pequenas para serem respiráveis (Nunes, 2020).

Poeiras Totais – Referem-se as partículas com diâmetro aerodinâmico menor que 100 μm (Maury, 2019).

Poeiras respiráveis – Referem-se as partículas sólidas suspensas no ar que têm um diâmetro suficientemente pequeno para serem inaladas e, portanto, representam um risco à saúde humana (Maury, 2019).

Poeiras Inertes – São partículas sólidas que não apresentam reatividade química significativa e que não se degradam facilmente no meio ambiente (Maury, 2019).

Perigo – É uma fonte ou situação com potencial para causar danos, sejam eles físicos, químicos, biológicos, ergonômicos, psicológicos, ou materiais (Pereira, 2014).

Risco – É a probabilidade de que um perigo cause danos em condições específicas (Batalha, 2018).

Avaliação de Risco – Segundo o documento da International Organization for Standardization (ISO) 31000, a avaliação de risco é definida como o processo de comparação dos níveis de risco determinados durante a análise de riscos com os critérios de risco estabelecidos para determinar a importância dos riscos.

Gestão de Risco – É o processo sistemático de identificar, avaliar e tratar riscos para minimizar ou eliminar possíveis impactos negativos sobre pessoas, bens, processos ou organizações (Batalha, 2018).

2.2. Cimento

O cimento é um material de construção essencial, utilizado como aglomerante em uma variedade de estruturas, desde edifícios residenciais até grandes infraestruturas, como pontes e barragens. A sua função principal é unir outros materiais, como areia e pedras, formando o concreto, que é um dos materiais mais utilizados na construção civil (Lima, 2019).

O uso do cimento remonta à antiguidade, com evidências de misturas semelhantes encontradas em civilizações como os romanos, que utilizavam uma forma de cimento chamada "pozolana", feita a partir de cinzas vulcânicas misturadas com cal. No entanto, o cimento moderno, que se baseia no uso de clínquer, foi desenvolvido no final do século XVIII e início do século XIX (Galhardo, 2020). Em 1824, o engenheiro britânico Joseph Aspdin patenteou o "cimento Portland", um material que se tornou a base da produção de cimento em todo o mundo. Atualmente, a produção de cimento é uma das indústrias mais significativas a nível global. Em 2020, segundo a Associação Mundial de Cimento, a produção global de cimento atingiu cerca de 4,1 bilhões de toneladas, com a China liderando como o maior produtor, seguida por países como Índia, Estados Unidos e Turquia.

Na África, o setor de cimento tem mostrado crescimento significativo nas últimas décadas, impulsionado pela urbanização, aumento da demanda por habitação e desenvolvimento de infraestrutura (Galhardo, 2020).

Em Moçambique, a indústria do cimento tem experimentado um desenvolvimento gradual, com o aumento da demanda por materiais de construção impulsionado pela urbanização e projetos de infraestrutura em andamento (Thay, 2012). O país possui várias fábricas de cimento, que desempenham um papel essencial na construção civil local. No entanto, as indústrias cimenteiras enfrentam desafios, incluindo a necessidade de tecnologias mais eficientes e sustentáveis, bem como a gestão ambiental, especialmente em relação às emissões e à qualidade do ar.

2.2.1. Composição do Cimento

O cimento é constituído por uma mistura cuidadosamente balanceada de componentes que conferem as propriedades desejadas ao produto final. Embora existam variações na composição dependendo do tipo de cimento produzido, a composição padrão pode ser apresentada da seguinte forma (Silva, 2017):

Tabela 1. Distribuição Percentual dos Componentes do Cimento

Componente	Proporção (%)	Função
Clínquer	80 - 95%	Principal constituinte responsável pelas propriedades mecânicas e resistência.
Gesso (CaSO ₄ 2H ₂ O)	3 - 5%	Controla o tempo de pega, evitando a hidratação acelerada durante a aplicação.
Adições Minerais	Até 20%	Melhoram a durabilidade, ajustam o custo e modificam propriedades específicas.

Fonte: (Silva, 2017)

2.2.2. Classificação do Cimento

A classificação do cimento é essencial para compreender as suas propriedades, aplicações e a forma como ele se comporta em diferentes condições. Os cimentos podem ser classificados de diversas maneiras, com base em sua composição química, propriedades físicas, características de desempenho e aplicações específicas. Neste subcapítulo, abordaremos a classificações com base em sua composição química para proporcionar uma compreensão abrangente desse material fundamental na construção civil.

Cimento Portland – O tipo mais comum, composto principalmente por clínquer de cimento Portland, que é uma mistura de calcário e argila aquecida a altas temperaturas (Moreira, 2011). É amplamente utilizado em construções gerais devido à sua resistência e durabilidade.

Cimento de Alta Resistência – Produzido com uma maior proporção de alita no clínquer, resultando em um material com maior resistência mecânica. É ideal para estruturas que requerem alta durabilidade.

Cimento Pozolânico – Contém materiais pozolânicos, como cinzas vulcânicas, que melhoram suas propriedades de resistência e durabilidade. Este tipo de cimento é utilizado em ambientes agressivos e para aumentar a vida útil das estruturas.

2.2.1. Etapas de Produção do Cimento

A produção de cimento é um processo complexo e industrializado que envolve várias etapas, desde a extração das matérias-primas até o armazenamento e a distribuição do produto final (Maury, 2019). Este sub-capítulo descreve as principais etapas do processo de produção do cimento, com ênfase nas técnicas utilizadas e nas considerações ambientais pertinentes.

I. Extração da Matéria-Prima

A produção de cimento inicia-se com a extração das matérias-primas essenciais, que incluem principalmente calcário e argila. O calcário, fonte primária de cálcio, é extraído de pedreiras, onde a mineração é realizada através de técnicas de perfuração e explosão para fragmentar a rocha (Ribeiro, 2010). A argila, que fornece silicatos e alumínio, é extraída nas proximidades e transportada para a planta de produção.

II. Preparação da Matéria-Prima

Nessa fase, o calcário e a argila são britados em pedaços menores, o que facilita a mistura. Após a britagem, as matérias-primas são moídas em um moinho até que se transformem em um pó fino, conhecido como farinha crua. Essa farinha é crucial para a próxima etapa do processo (Morais, 2010).

III. Mistura e Homogeneização

A farinha crua é composta pelas proporções corretas de calcário, argila e outros aditivos, conforme a formulação do cimento desejado. Durante esta etapa, a mistura é realizada para assegurar uma homogeneidade química, essencial para a qualidade do cimento final (Belato, 2013).

IV. Queima do Clínquer

A queima do clínquer é uma etapa crítica na produção de cimento, onde a mistura de farinha crua, composta principalmente por calcário e argila, é convertida em clínquer através de um processo de alta temperatura (Galhardo, 2020). Este processo ocorre em um forno rotativo, onde a farinha crua é alimentada e aquecida a temperaturas que variam entre 1400°C e 1600°C (Lima, 2019). Durante essa fase, reações químicas fundamentais acontecem, resultando na formação dos principais componentes do clínquer, que são os silicatos e aluminatos de cálcio.

V. Resfriamento do Clínquer

Após a queima, o clínquer é resfriado rapidamente. Essa etapa de resfriamento do clínquer é essencial para interromper as reações químicas que ocorreram durante a queima (Lima, 2019). O clínquer quente é resfriado em resfriadores, onde é exposto a ar frio, facilitando seu manuseio para as etapas seguintes.

VI. Moagem do Cimento

Depois do resfriamento, o clínquer passa pela moagem do cimento. Nessa fase, o clínquer resfriado é moído junto com gesso, que é adicionado para regular o tempo de pega do cimento (Lima, 2019). O objetivo é alcançar uma granulometria adequada, que geralmente varia entre 300 e 400 m²/kg de área específica. A textura do cimento é um fator importante que afeta suas propriedades finais (Maury, 2019).

VII. Armazenamento e Embalagem

Por fim, o cimento moído é armazenado e preparado para armazenamento e embalagem. O cimento é armazenado em silos para protegê-lo da umidade e garantir sua qualidade (Maury, 2019). Em seguida, é embalado em sacos ou transportado a granel para ser distribuído a clientes e obras. O transporte pode ser feito por caminhões, trens ou navios, dependendo da demanda e da localização dos consumidores (Maury, 2019).

2.3. Emissões de Poluentes na Indústria de Cimento

A indústria de cimento é uma das maiores fontes de poluição do ar, contribuindo significativamente para a degradação ambiental e impactando a saúde pública. Durante o processo de produção, diversas emissões são geradas, entre as quais se destacam as partículas em suspensão, especialmente as PM10 e PM2.5 (Belato, 2013). As emissões na indústria de cimento ocorrem principalmente nas etapas de extração, moagem, queima e resfriamento. Entre os poluentes mais comuns, encontramos:

Dióxido de carbono (CO₂) – A produção de cimento é responsável por uma significativa quantidade de emissões de CO₂, resultantes das reações químicas que ocorrem durante a calcinação do calcário e da queima de combustíveis fósseis nos fornos (Belato, 2013).

Óxidos de nitrogênio (NO_x) – Os NO_x são gerados durante a combustão de combustíveis fósseis nos fornos de cimento (Moraes, 2010). Esses poluentes estão associados à formação de ozônio troposférico e à chuva ácida, além de afetarem a saúde respiratória da população.

Dióxido de enxofre (SO₂) – O SO₂ é outro poluente emitido, principalmente quando o combustível contém enxofre. Este gás pode levar à formação de partículas de sulfato, contribuindo para a poluição do ar e a formação de chuva ácida (Ribeiro, 2010).

Partículas em suspensão (PM10 e PM2.5) – As partículas finas são uma das principais preocupações ambientais na indústria de cimento. As PM10 são partículas com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 10 micrômetros (µm), que podem ser

inaladas, entrando nas vias respiratórias superiores, como nariz, boca e traqueia. Enquanto MP2.5 são partículas com diâmetro aerodinâmico igual ou inferior a 2.5 micrômetros (μm), suficientemente pequenas para serem respiráveis, alcançando as regiões mais profundas dos pulmões, como bronquíolos e alvéolos pulmonares (Nunes, 2020).

2.4. Impacto das Partículas na Saúde Humana e ao Meio Ambiente

As partículas em suspensão, especialmente as PM10 e PM2.5, têm um impacto significativo tanto na saúde humana e também sobre o meio ambiente. A seguir, discutimos os efeitos dessas partículas na saúde respiratória e cardiovascular, bem como suas implicações ambientais, incluindo a contribuição para mudanças climáticas e acidificação (Maury, 2019).

2.4.1. Efeito Sobre a Saúde Humana

A exposição às partículas PM10 e PM2.5 está associada a uma variedade de problemas de saúde, especialmente nas áreas respiratória e cardiovascular (Maury, 2019). As PM10, com um diâmetro inferior a 10 micrômetros, conseguem penetrar nas vias aéreas superiores, causando irritação e inflamação nos pulmões. Já as PM2.5, que são ainda menores, têm a capacidade de alcançar os alvéolos pulmonares e entrar na corrente sanguínea, afetando órgãos além dos pulmões (Maury, 2019).

Pesquisas mostram que a exposição contínua a essas partículas está ligada a um aumento na incidência de doenças respiratórias, como asma, bronquite crônica e outras condições pulmonares. Além disso, as PM2.5 estão associadas a um maior risco de doenças cardiovasculares, como infartos e acidentes vasculares cerebrais (AVCs). Esses efeitos são causados por processos inflamatórios e estresse oxidativo, que agravam condições pré-existentes e podem levar ao surgimento de novas doenças (Ribeiro, 2010).

As consequências para a saúde pública são significativas. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), milhões de mortes prematuras são atribuídas à poluição do ar, sendo as partículas finas uma das principais causas. Crianças, idosos e

peessoas com doenças pré-existentes são particularmente vulneráveis aos efeitos
adversos das PM10 e PM2.5.

2.4.2. Efeito Sobre o Meio Ambiente

Além de seus impactos na saúde humana, as partículas em suspensão também afetam negativamente o meio ambiente. As PM10 e PM2.5 contribuem para a degradação da qualidade do ar e desempenham um papel nas mudanças climáticas (Morais, 2010). Quando liberadas na atmosfera, essas partículas podem interferir na radiação solar que chega à superfície da Terra, influenciando padrões climáticos e contribuindo para o aquecimento global.

Adicionalmente, as PM2.5 têm a capacidade de se combinar com outros poluentes, resultando na formação de aerossóis que podem causar resfriamento ou aquecimento na atmosfera, dependendo de sua composição (Morais, 2010). Essas partículas finas também podem levar à formação de compostos ácidos, como sulfatos e nitratos, que contribuem para a acidificação do solo e da água. Essa acidificação pode ter efeitos devastadores em ecossistemas aquáticos e terrestres, prejudicando a biodiversidade e a saúde dos organismos.

Os impactos ambientais da acidificação incluem a redução da produtividade agrícola e a destruição de habitats naturais, o que pode resultar em sérias consequências econômicas para comunidades que dependem da agricultura e da pesca como fontes de sustento (Maury, 2019).

2.4. Qualidade do Ar

A qualidade do ar resulta da interação de diversos fatores, como a intensidade das emissões, a topografia e as condições ambientais que influenciam a dispersão dos poluentes. As indústrias, em grande parte, são fontes significativas de poluição atmosférica, emitindo gases, poeira e partículas que prejudicam o meio ambiente e a saúde de seres humanos e animais. O Decreto nº 67/2010, que regula os padrões de qualidade ambiental e de emissão de efluentes, estabelece limites para os poluentes e parâmetros essenciais para a preservação da qualidade do ar. Esse regulamento enfatiza a necessidade de monitorar esses parâmetros para garantir a capacidade de autodepuração do ambiente, evitando impactos negativos à saúde pública e ao equilíbrio ecológico. Complementarmente, as normas internacionais ISO desempenham um papel crucial, ao estabelecer padrões elevados de qualidade, segurança e eficiência na gestão ambiental.

Tabela 2. Parâmetros da qualidade do ar e seus limites de tolerância.

Indicadores	Limite admissível
CO	50 ppm
CO ₂	1000 ppm
O ₂	[19.5%, 23%]
PM10	150 µg/m ³
PM2.5	

Fonte: (Lima, 2019)

2.5. Avaliação e Gestão de Risco

O processo de avaliação e gestão de riscos é um elemento central para o planeamento estratégico e operacional de qualquer organização, pois permite identificar, avaliar, monitorar e mitigar riscos que possam afetar os objetivos organizacionais. Esse processo é contínuo e iterativo, garantindo que a organização esteja preparada para lidar com incertezas e aproveitar oportunidades.

O processo de avaliação de riscos começa com a identificação dos riscos, em que os potenciais eventos ou condições que possam impactar negativamente a organização são mapeados. Esta fase envolve a coleta de informações por meio de diversas técnicas, como brainstorming, análise de cenários e análise de falhas, conforme apontado por (Batalha, 2018), que afirma que a identificação de riscos é essencial para antecipar eventos adversos e preparar a organização para enfrentá-los de forma eficaz (Batalha, 2018).

Após a identificação, ocorre a análise dos riscos, que envolve avaliar a probabilidade de ocorrência e o impacto de cada risco. Esta análise pode ser quantitativa ou qualitativa, dependendo da natureza dos riscos e dos recursos da organização. De acordo (Costa, 2017), “a análise de risco deve ser adaptada ao contexto e ao grau de incerteza, permitindo uma visão clara das ameaças mais críticas”.

A avaliação de riscos é a etapa seguinte, em que os riscos são classificados em níveis de prioridade, considerando sua probabilidade e impacto. Essa classificação orienta as decisões sobre os recursos que devem ser alocados para mitigar ou responder a cada risco. (Cipriano, 2014) Observa que a priorização de riscos permite que as organizações se concentrem nos aspectos mais críticos para garantir a segurança e a continuidade dos negócios.

Após a avaliação dos riscos, o foco se volta para a mitigação e controle, etapa em que são definidas as ações preventivas e corretivas para reduzir a probabilidade ou o impacto dos riscos. Estas ações podem incluir a implementação de controlo internos, o desenvolvimento de planos de contingência e a alocação de responsabilidades (Costa, 2017).

A implementação das estratégias de mitigação requer um compromisso da alta administração e a coordenação entre as diversas áreas da organização. Isso garante que as ações planejadas sejam efetivamente integradas aos processos operacionais.

2.5. Método William T. Fine

Este método permite identificar os perigos existentes, classificar e realizar um controle dos riscos. Através do apuramento da estimativa da probabilidade, da exposição e das respectivas consequências. As desvantagens inerentes são o cálculo do perigo do risco, que pode ser subjetivo dependendo muito da experiência do técnico (Cipriano, 2014).

Neste método é comum recorrer-se às Lista de verificação e ao Modelo de avaliação de riscos de W. T. Fine, sendo constituído pelas seguintes etapas (Cipriano, 2014):

1. Identificar o perigo;
2. Indicar os riscos e respectivas consequências;
3. Valorar o risco, utilizando a fórmula $GP = C \times E \times P$ (onde GP: grau de perigosidade; C: consequências; E: exposição, ou seja, a frequência que o colaborador é exposto; P: probabilidade que existe de ocorrer o acontecimento perigoso);
4. Implementar medidas corretiva ou preventivas; e
5. Realizar um Índice de justificação, utilizando a fórmula $J = GP \times FC \times GC$ (onde FC: fator de custo; GC: Grau de Correção).

Para que as etapas anteriores se concretizarem corretamente, é necessário utilizar as tabelas seguintes (3, 4 e 5).

Tabela 3. Determinação do fator de consequência (C)

Catástrofe	Elevado número de mortes, grandes perdas	100
Várias mortes	Perda $\geq$ 33760.000 e $<$ 67520.000 Mtn	50
Morte	Acidente mortal. Perdas $\geq$ 6752.000 e $<$ 33760.000 Mtn	25
Lesões graves	Perda $\geq$ 33760.000 e $<$ 67520.000 e $<$ 33760.000 Mtn	15
Lesões com	Incapacidades temporária	5
Baixa	Perda $<$ 67520 Mtn	
Pequenas	Lesões ligeiras	1
Feridas	Contusões, golpes	

Fonte: (Cipriano, 2014)

Tabela 4. Determinação do fator de exposição (E)

Contínua	Muitas vezes por dia	10
Frequente	Aproximadamente uma vez por dia	6
Ocasional	$>$ 1 vez por semana a $<$ 1 vez por mês	5
Irregular	$\geq$ 1 vez por mês a $<$ 1 vez por ano	
Raro	Sabe-se que ocorre, mas com baixíssima frequência	1
Pouco Provável	Não se sabe se ocorre, mas é possível que possa acontecer	0.5

Fonte: (Cipriano, 2014)

Tabela 5. Determinação do fator de probabilidade (P)

Muito Provável	Acidente como resultado mais provável e esperado, se a situação de risco ocorrer	10
Possível	Acidente perfeitamente possível (probabilidade de 50%)	6
Raro	Acidente como coincidência rara (probabilidade de 10%)	3
Repetição	Acidente como coincidência remotamente possível	1
Improvável	Sabe-se que já ocorreu (probabilidade de 1%)	
Nunca aconteceu	Acidente como coincidência extremamente remota.	0.5
Praticamente impossível	Acidente como praticamente impossível. Nunca aconteceu em muito anos de exposição	0.1

Fonte: (Cipriano, 2014)

Depois de realizados os cálculos, utiliza-se a tabela 4 como base para definir os critérios de atuação.

Tabela 6. Critério de atuação

GP Magnitude do Risco	Classificação do Risco	Atuação Corretiva
Superior a 400	Grave e iminente	Suspensão imediata da atividade perigosa
> 201 e <400	Alto	Correção imediata
> 71 e <200	Notável	Correção necessária urgente
> 20 e <70	Moderado	Não é urgente, mas deve corrigir-se
Inferior a 20	Aceitável	Pode omitir-se a correção

Fonte: (Cipriano, 2014)

O último passo é calcular a justificação do investimento, e para isso é necessário estimar o factor de custo e o grau de correcção. O índice de justificação (IJ) pode expressar-se pela seguinte expressão:

$$IJ = GP / (FC \times GC)$$

Serão usadas as tabelas 6, 7 e 8 para efectuar esse cálculo.

Tabela 7. Determinação do Fator de Custo (FC)

Acima de 173.000.00 Mtn	10
De 86.569.20 a 173.000.00 Mtn	6
De 34.669.20 a 86.500.00 Mtn	4
De 17.369.20 a 34.600.00 Mtn	2
De 8.719.20 a 17.300.00 Mtn	1
Menos de 8.650.00 Mtn	0,5

Fonte: (Cipriano, 2014)

O grau de correcção é relacionado a eficiência de segurança, uma vez que identifica qual a percentagem de risco que conseguimos eliminar ou controlar.

Tabela 8. Determinação do Grau de Correção (GC)

Descrição	Classificação
Risco completamente eliminado entre 91 e 100%	1
Boa, redução do risco entre 71 e 90%	2
Média, redução do risco entre 51 e 70%	3
Baixa, redução do risco entre 31 e 50 %	4
Muito baixa, redução do risco entre 11 e 30%	5
Ligeiro efeito sobre o risco, < a 25 %	6

Fonte: (Cipriano, 2014)

Tabela 9. Determinação do Índice de Justificação (J)

Critério	Descrição
≥ 20	Muito justificado
≥ 10 e < 20	Provável justificação económica
Inferir a 10	Não justificado economicamente

Fonte: (Cipriano, 2014)

2.6. Plano de Controlo Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO)

O PCMSO é um programa preventivo exigido pelo ordenamento jurídico e normativo de muitos países, sendo fundamental para garantir a saúde e segurança dos trabalhadores em diferentes ambientes ocupacionais. De acordo com os princípios estabelecidos pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), a saúde ocupacional deve ser baseada na promoção, manutenção e melhoria contínua das condições de trabalho e bem-estar físico, mental e social dos trabalhadores.

O PCMSO deve ser estruturado com base em uma análise detalhada do ambiente de trabalho, identificando riscos específicos e propondo estratégias de monitoramento e prevenção de doenças ocupacionais. É um programa que integra os processos de saúde e segurança, focando na prevenção e no diagnóstico precoce de agravos relacionados às atividades desempenhadas pelos colaboradores. Ele também serve como uma ferramenta para o controle de exposição a agentes físicos, químicos e biológicos, reduzindo a incidência de doenças e promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e saudável (Hillerman, 2018).

Para ser efetivo, o PCMSO deve incluir (Hillerman, 2018):

Avaliação de riscos ocupacionais – Identificar fatores que podem comprometer a saúde dos trabalhadores, como exposição a partículas finas (PM10 e PM2.5), ruídos elevados e produtos químicos.

Realização de exames médicos periódicos – Monitorar continuamente a saúde dos colaboradores para detectar precocemente quaisquer alterações decorrentes das condições de trabalho.

Educação e capacitação – Fornecer treinamento sobre práticas de trabalho seguro e uso adequado de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), como máscaras respiratórias, protetores auriculares e luvas de proteção.

Planeamento de ações corretivas e preventivas – Implementar medidas para minimizar ou eliminar riscos, como automação de processos críticos e melhoria na ergonomia.

Capítulo III. Caso de Estudo

3.1. Localização e Caracterização

A Limak Cimentos S.A, localizada na cidade da Matola, Província de Maputo, com acesso pela Av. OUA, ocupando uma área de cerca de 80 mil metros quadrados na zona portuária da Matola. No seu entorno é caracterizada pela actividade industrial e comercial.



Figura 1. Localização Limak Cimentos, SA. (Google Earth, 2024)

A Limak Cimentos S.A. possui a licença Nº 20/2019, de categoria “A”, para produção e venda de cimento Portland. O empreendimento conta com setores como Ensacagem, Moinho, Laboratórios (químicos, físicos e de betão), Sala de Controlo (CCR), Oficina Mecânica e Armazenagem de Clínquer, dois armazéns de materiais, dois balneários, um escritório administrativo e uma área para circulação de viaturas. Actualmente, possui 110 trabalhadores internos e mais de 40 terceirizados, distribuídos em três turnos de 8 horas de trabalho.

Actividade principal da Limak Cimentos S.A é a produção e comercialização do cimento Portland, a produz dois tipos de cimento, CEM IV/B (V) 42.5N e CEM IV/B (V) 32.5N, com a capacidade de produção instalada de 700 mil toneladas /ano; onde o processo de produção consiste na mistura de matéria-prima pré processada tais como o clínquer, gesso, calcário e vários tipos de aditivos para a produção de cimento.

A matéria-prima incluem gesso, calcário, pozolana e clínquer, este último fornecido localmente por rodovia a partir de Matutuíne, na província de Maputo.

3.2. Processo Produtivo da Fábrica

O processo produtivo do cimento na Limak Cimentos S.A. é composto por várias etapas integradas, que asseguram a qualidade e eficiência na produção. As atividades principais incluem a recepção e armazenamento da matéria-prima, transporte às tremonhas de moagem, moagem da matéria-prima, ensacagem e expedição do produto final.

3.2.1. Recepção e Armazenamento de Matérias-Primas

A matéria-prima, como clínquer, gesso, calcário e outros aditivos, chegam à fábrica por via rodoviária e são descarregadas para armazenamento.



Figura 2. Recepção e armazenamento da matéria-prima (Limak, 2024)

3.2.2. Transporte às Tremonhas de Moagem

O clínquer, o gesso e os aditivos são encaminhados das áreas de armazenagem para as tremonhas de alimentação do moinho. Isso é realizado por retroescavadeiras, alimentadores vibratórios, tapetes transportadores e elevadores, garantindo a mistura uniforme e contínua dos materiais.



Figura 3. Hangar de Calcário e Tremonha do moinho (Limak, 2024)

3.2.3. Moagem de Cimento

A moagem é feita em um moinho tubular horizontal equipado com esferas de aço. Este processo transforma o clínquer e os demais componentes em um pó fino, que passa por uma classificação para garantir a qualidade do cimento. Um gerador de gases quentes é utilizado para controlar a umidade dos materiais durante a moagem.



Figura 4. Moinho de Cimento (Limak, 2024)

3.2.4. Ensacagem e Expedição

O cimento produzido passa por dois silos com capacidade unitária de 7.500 toneladas, onde cada tipo de cimento (CEM II/B-V 42,5 N e CEM IV/B-V 32,5 N) é devidamente identificado e monitorado.

O cimento é ensacado de forma automática, com controlo eletrónico em sacos de 50 kg. Os sacos são datados e enviados diretamente aos clientes após o enchimento, sem armazenamento intermediário. O sistema inclui mecanismos para reaproveitar cimento de sacos rompidos, minimizando perdas. O cimento também é carregado a granel em caminhões por sistemas especializados.



Figura 5. Ensacagem e Expedição (Limak, 2024)

Capítulo IV. Apresentação e Discussão de Resultados

Este subcapítulo apresenta os resultados obtidos durante o estudo, bem como sua análise detalhada, considerando os parâmetros estabelecidos e os objetivos propostos. A discussão dos resultados busca interpretar as informações à luz das normativas aplicáveis e do contexto operacional, destacando os aspectos positivos, os desafios identificados e as possíveis oportunidades de melhoria.

A tabela 10 detalha a identificação, análise e gestão dos riscos associados ao processo de produção de cimento na Limak Cimentos S.A. A avaliação foi realizada com base no método de William T. Fine.

Tabela 10. Avaliação e Gestão de Riscos no Processo de Produção de Cimento - Llmak

Actividade	Identificação de perigos e riscos		Cálculo do GP				Determinação das medidas de Gestão de riscos	Cálculo do Índice de Justificação			
	Perigo ou Factor de Risco	Risco	Fp	Fe	Fc	GP		FC	GC	IJ	Significado
Recepção e armazenamento de matérias-primas	Poeira gerada no descarregamento de calcário, gesso e clínquer	Problemas respiratórios	6	10	15	900	Cobertura da matéria-prima, Vedação de equipamentos e da área de armazenamento Treinamento de trabalhadores sobre controlo de poeira Implementação de sistemas de aspiração e uso de EPI (máscaras 3M, PFF2, óculos)	2	2	225	Muito justificado
	Acidentes com veículos de transporte	Atropelamento ou colisões	5	6	25	750	Separação total de zonas de pedestres e veículos Treinamento para operadores e Uso de coletes refletivos e capacetes.	4	2	93.75	Muito justificado
	Queda de materiais no armazenamento	Danos corporais	4	5	15	300	Inspeção contínua e limites de empilhamento definidos Capacetes de segurança e calçados reforçados	2	3	50	Muito justificado
Transporte às Tremoças de Moagem	Derramamento de materiais nos transportadores	Escorregamentos ou quedas	5	6	5	150	Instalação de barreiras laterais nos transportadores. Supervisão contínua e manutenção preventiva dos transportadores Uso de calçados antiderrapantes para trabalhadores na área, limpeza e uso de EPI	1	3	50	Muito justificado
	Vibração excessiva em transportadores	Desgaste estrutural ou danos pessoais	3	5	15	225	Uso de amortecedores e manutenção preventiva nos transportadores Uso de luvas antivibração para operadores que lidam diretamente com equipamentos	4	3	18.75	Provável justificação económica
Moagem de Cimento	Exposição a ruído elevado	Perda auditiva	10	10	25	2500	Limitação de tempo de exposição ao ruído e Monitoramento contínuo de níveis de ruído. Uso obrigatório de protetores auriculares (tipo concha ou plug)	6	2	208.3	Muito justificado
	Contacto accidental com partes móveis das máquinas	Amputações ou lesões graves	3	5	25	375	Automação total do processo Instalação de proteções físicas e bloqueio durante manutenção Uso de luvas resistentes a cortes.	4	2	46.9	Muito justificado
Ensacagem e Expedição	Movimentos repetitivos no processo de ensacagem manual	Dores musculares	5	5	15	375	Rotação de tarefas e pausas regulares Treinamento em riscos ergonômicos, automação parcial e uso de cintos de segurança trabalhos em altura	4	3	31.3	Muito justificado
	Queda de sacos durante o transporte	Esmagamento ou dispersão de poeiras	4	6	10	240	Equipamentos de transporte ajustados, ventilação adequada, Colocação de Filtros Colectores para material particulado e uso de calçados de segurança (biqueira de aço)	2	3	40	Muito justificado

Fonte: Autor

As etapas de Recepção e Armazenamento de Matérias-Primas e Moagem de Cimento apresentaram os maiores riscos, com GP de 900 e 2500, respectivamente, devido à geração de poeira e ruído intenso. Medidas como uso de EPIs (máscaras 3M, PFF2 e protetores auriculares), vedação dos sistemas de transporte e automação dos processos foram classificadas como "muito justificadas" por seus altos índices de efetividade técnica e econômica.

Por outro lado, a Vibração Excessiva nos Transportadores obteve IJ de 18,75, indicando "justificação econômica provável" e necessidade de equilíbrio entre custo e benefício em controles mais eficazes.

Riscos ergonômicos na ensacagem manual foram mitigados por rotatividade de tarefas e treinamentos, mostrando-se uma solução prática.

A tabela 11 apresenta os resultados das medições de partículas inaláveis (PM10) e partículas finas (PM2,5) realizadas em diferentes locais e períodos, comparados com os limites máximos estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e limites nacionais (LM). Essas medições, realizadas entre 2020 e 2024 por diferentes empresas responsáveis, têm como objetivo monitorar a qualidade do ar em áreas industriais e comunitárias próximas, identificando possíveis excedências que possam representar riscos ambientais e à saúde pública.

Tabela 11. Concentrações de PM10 e PM2,5 entre os anos de 2020 até 2024

Período de Medição	Local de Amostragem	PM10 (µg/m³)	PM2,5 (µg/m³)	Limite Máximo (OMS) (µg/m³)		Limite Máximo (LM) (µg/m³)	Observação Excedência	Empresa responsável pela MA	Data de realização das medições
				MP10	PM2,5	MP10 e MP2,5			
2020	Comunidade ao lado da linha férrea	59	73	50	25	150	PM10 - Excedeu somente o limite da OMS PM2,5 - Excedeu somente o limite da OMS	AQUA, IP	17/08/2020 (MP2,5) 18/08/2020 (MP10)
	Entrada principal da Fábrica	116	73	50	25	150	PM10 - Excedeu somente o limite da OMS PM2,5 - Excedeu somente o limite da OMS		25/07/2020 (MP10) 24/08/2020 (MP2,5)
	Comunidade próxima da empresa ELEVO	46	62	50	25	150	PM10 - Não excedeu nenhum limite PM2,5 - Excedeu somente o limite da OMS		27/08/2020 (MP10) 26/08/2020 (MP2,5)
2021	Entrada da Fábrica	72	70	50	25	150	PM10 - Excedeu somente o limite da OMS PM2,5 - Excedeu somente o limite da OMS	AQUA, IP	01/12/2021
	Comunidade próxima da empresa ELEVO	222	215	50	25	150	PM10 - Excedeu o limite da OMS e LM PM2,5 - Excedeu o limite da OMS e LM		02/12/2021
2022	Area Comum	280.03	34.07	50	25	150	PM10 - Excedeu o limite da OMS e LM PM2,5 - Excedeu somente o limite da OMS	(Pelembe, 2023)	24/11/2022
	Comunidade	279.03	30.91	50	25	150	PM10 - Excedeu o limite da OMS e LM PM2,5 - Excedeu somente o limite da OMS		24/11/2022
	Ensacagem	6527.9	651.34	50	25	150	PM10 - Excedeu o limite da OMS e LM PM2,5 - Excedeu o limite da OMS e LM		24/11/2022
2023	Entrada principal da Fábrica	17.8	19	50	25	150	PM10 - Excedeu somente o limite da OMS PM2,5 - Não excedeu nenhum limite	EPACS	18/10/2023
	Comunidade próxima da empresa ELEVO	43.6	53.9	50	25	150	PM10 - Não excedeu nenhum limite PM2,5 - Excedeu somente o limite da OMS		18/10/2023
	Estação de produção de energia a gás	19	63	50	25	150	PM10 - Não excedeu nenhum limite PM2,5 - Excedeu somente o limite da OMS		18/10/2023
2024	Vizinhança (entorno da empresa)	15,3	17,15	50	25	150	PM10 - Não excedeu nenhum limite PM2,5 - Não excedeu nenhum limite	AQUA, IP	30/10/2024
	Entrada da Fábrica	9	11,8	50	25	150	PM10 - Não excedeu nenhum limite PM2,5 - Não excedeu nenhum limite		30/10/2024
	No Parque de Viaturas	35,4	39,1	50	25	150	PM10 - Não excedeu nenhum limite PM2,5 - Não excedeu nenhum limite		30/10/2024

Fonte: (Limak, 2024)

Os dados indicam uma prevalência significativa de excedências nos níveis de PM10 e PM2,5 em relação aos limites da OMS, nos anos de 2020 – 2021 e dados muito elevados no ano de 2022. Em anos mais recentes (2023 e 2024), houve uma redução nos valores medidos em alguns locais, sugerindo uma possível melhoria na gestão ambiental ou condições ambientais mais favoráveis.

A tabela apresentada destaca a incidência de diferentes doenças ocupacionais registradas entre 2020 e 2024, fornecendo um panorama das condições de saúde relacionadas ao ambiente de trabalho. Os dados incluem doenças respiratórias superiores, hipertensão arterial, dores de cabeça, conjuntivite química e dermatite química, todas potencialmente associadas à exposição a fatores ambientais e ocupacionais.

Tabela 12. Evolução Anual de Casos de Doenças Relacionadas (2020-2024)

Doenças	Ano					Relação com a Exposição à Sílica
	2020	2021	2022	2023	2024	
Infeção respiratória	18	18	13	53	16	A exposição prolongada à sílica pode causar irritação das vias aéreas superiores, levando a infecções respiratórias frequentes.
Hipertensão arterial	9	13	12	18	39	O estresse oxidativo gerado por partículas de sílica pode contribuir indiretamente para hipertensão arterial.
Dor de cabeça	7	7	1	1	1	Embora menos frequente, a inalação de partículas pode agravar sintomas de cefaleia em indivíduos sensíveis.
Conjuntivite	10	6	4	14	8	O contato com poeiras contendo sílica pode irritar os olhos, causando conjuntivite química.
Dermatite química	11	13	12	25	19	A exposição direta à sílica e outros produtos químicos pode causar dermatite de contato ou irritativa.

Fonte: (Limak, 2024)

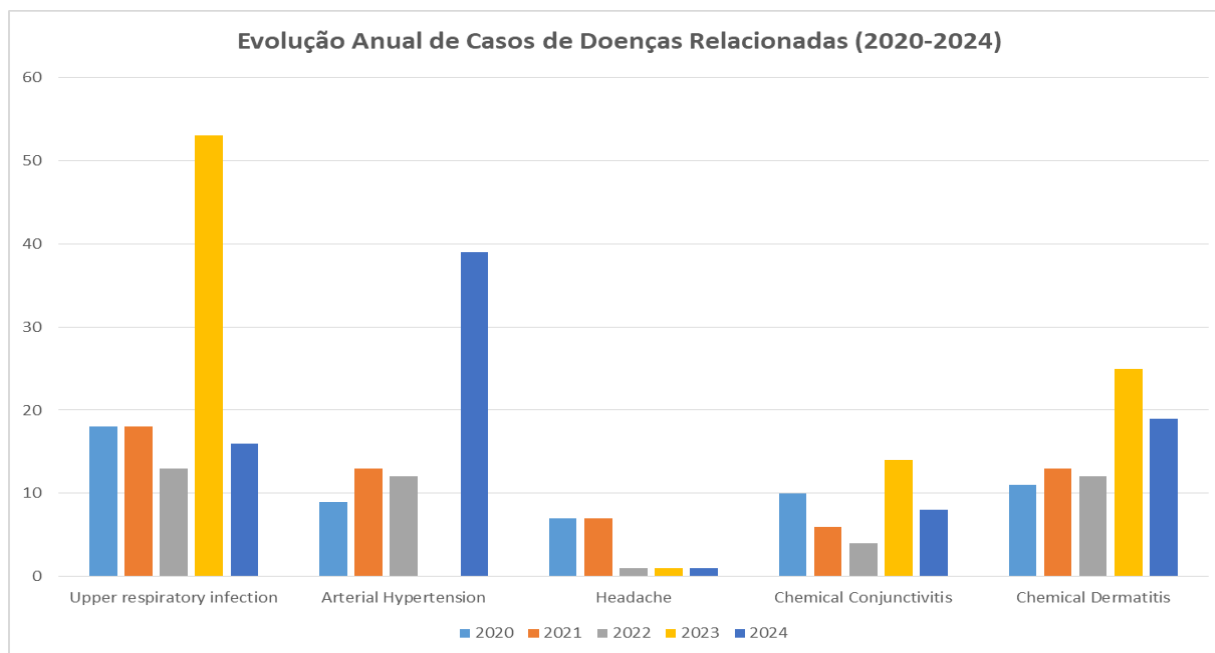


Figura 6. Evolução Anual de Casos de Doenças Relacionadas (2020-2024)

A análise dos dados relativos às doenças ocupacionais registradas entre 2020 e 2024 evidencia variações significativas na incidência de diferentes condições de saúde. As doenças respiratórias, como infecções do trato respiratório superior, apresentaram picos em determinados anos, sugerindo possíveis exposições sazonais ou mudanças nos fatores de risco no ambiente de trabalho.

Por outro lado, condições como hipertensão arterial e dermatite química demonstraram um aumento consistente ao longo do período, indicando a necessidade de atenção especial às condições ergonômicas e ao contato com agentes químicos nos locais de trabalho.

Para garantir o controle e a mitigação de impactos ambientais relacionados à emissão de partículas PM10 e PM2,5, é fundamental estabelecer um plano de monitoramento contínuo. A tabela a 13 detalha as ações necessárias para o desenvolvimento e implementação desse plano, especificando as responsabilidades, os prazos e a frequência de execução. Este plano visa não apenas monitorar a concentração e composição das partículas no ambiente, mas também assegurar a conformidade com os padrões ambientais e promover a melhoria contínua nos processos operacionais da Limak Cimentos.

Tabela 13. Plano de Monitoramento Contínuo de Partículas PM10 e PM2,5 na Limak Cimentos

Ação	Descrição	Responsável	Prazo	Frequência
Desenvolvimento do plano de monitoramento	Criar um plano detalhado para monitorar continuamente as partículas PM10 e PM2.5 na Limak Cimentos, abrangendo métodos, locais e periodicidade de coleta de dados.	Setor de Engenharia Ambiental	Até 2 meses	Único (revisado anualmente)
Instalação de equipamentos de monitoramento	Adquirir e instalar equipamentos para medir concentração das partículas no ambiente.	Setor de Engenharia de Manutenção	Até 3 meses	Único (revisado conforme manutenção)
Definição dos pontos de amostragem	Identificar os locais estratégicos dentro e ao redor da planta para a coleta de amostras representativas.	Equipe Técnica de Operações	Até 1 mês	Único (revisado semestralmente)
Capacitação da equipe para operação e manutenção dos equipamentos	Treinar funcionários para usar os equipamentos de monitoramento de forma eficaz e registrar os dados.	Setor de RH e Segurança do Trabalho	Até 1 mês	Anual
Análise de dados coletados	Avaliar os dados para identificar tendências e verificar conformidade com os padrões ambientais.	Analista de Dados Ambientais	Mensal, após início	Mensal
Relatórios e comunicação	Elaborar relatórios com os resultados e compartilhar com a equipe de gestão e órgãos reguladores, se necessário.	Supervisor Ambiental	Primeiro relatório em 6 meses	Trimestral

Fonte: Autor

A tabela 14 detalha a estruturação do Plano de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO). No contexto da indústria de cimento (Limak Cimentos S.A), o controle médico ocupacional irá abordar exposições específicas, como partículas inaláveis e ruídos intensos, associados a doenças respiratórias, cardiovasculares e perda auditiva.

Tabela 14. Componentes e Diretrizes do PCMSO para a Limak Cimentos S.A.

Aspecto	Descrição/Detalhes	Periodicidade	Métodos ou Ferramentas	Responsável	Indicadores de Sucesso
Avaliação Inicial e Periódica	- Exames admissionais: Identificação de condições pré-existent. - Exames periódicos: Monitoramento contínuo da saúde. - Exames de retorno ao trabalho e de mudança de função: Avaliação de impacto sobre a saúde. - Exames demissionais: Registro do estado de saúde ao desligamento.	Admissional: Antes da contratação. Periódico: Semestral para todas actividades ligadas a processo productivo do cimento (actividades de maior risco) e anuais para todas as actividades administrativas. Demissional: Na rescisão contratual.	Questionários de saúde ocupacional, exames clínicos (espirometria, audiometria e hemogramas).	Médico do Trabalho	Taxa de adesão a exames (≥ 95%)
Monitoramento de Saúde	- Controle da saúde respiratória (espirometria para trabalhadores extreitamente expostos a poeiras). - Avaliação auditiva (audiometria para trabalhadores que trabalham em áreas de ruído). - Monitoramento dermatológico (em trabalhadores expostos a produtos químicos).	Anual (preferencialmente no início do ano para planeamento).	Exames clínicos (espirometria, audiometria e hemogramas).	Médico do Trabalho	Redução de novos diagnósticos relacionados a doenças ocupacionais em ≥ 10% a cada ano.
Controle de Exposição	- Acompanhamento dos níveis de exposição a PM10 e PM2.5 através de monitoramento contínuo. - Coleta de dados sobre o tempo de exposição e as áreas críticas.	Semestral (avaliações de dados) e contínuo (monitoramento das condições ambientais).	Relatórios comparativos com os limites estabelecidos pela OMS e legislações locais.	Médico do Trabalho	Taxa de conformidade com os limites legais e da OMS ≥ 90%.
Acompanhamento de Incidentes	- Investigação detalhada de doenças ou incidentes ocupacionais. - Registro e análise das causas de ocorrências e fatores agravantes. - Implementação de medidas corretivas imediatas.	Após cada ocorrência (prazo máximo de 30 dias).	Sistema de relatórios integrados com as áreas de segurança e RH, consultas médicas e acompanhamento psicológico, quando necessário.	Médico do Trabalho	Redução na taxa de reincidência de incidentes similares em ≥ 15% a cada ano.
Registros e Relatórios	- Elaboração de relatórios anuais e trimestrais com análise de tendências. - Comunicação de resultados e recomendações à alta gestão e ao RH. - Arquivamento adequado de prontuários médicos.	Trimestral (relatórios operacionais) e anual (relatório de resultados).	Sistemas digitais para análise e armazenamento de dados, reuniões periódicas para apresentação de resultados.	Supervisor Ambiental e Médico do Trabalho	Relatórios disponíveis em tempo hábil (≥ 90% no prazo) e ações tomadas com base nos dados em 100% dos casos identificados como críticos.

Fonte: Autor

Capítulo V. Conclusões e Recomendações

5.1. Conclusões

A seguir, apresentam-se as principais conclusões alinhadas aos objetivos propostos:

A análise da concentração das partículas, observou-se que, nos primeiros anos, os níveis de PM₁₀ e PM_{2.5} excederam os limites recomendados pela OMS em áreas internas e externas da fábrica. Contudo, medidas implementadas, como melhorias nos sistemas de filtragem e controle de emissões, contribuíram para uma redução gradual das concentrações, evidenciando avanços no gerenciamento ambiental.

A avaliação de risco e impacto à saúde dos trabalhadores identificou as atividades de moagem de cimento e armazenamento de matérias-primas como as mais preocupantes, com alto grau de risco (GP > 2000). Essas atividades foram diretamente associadas ao aumento de doenças respiratórias e dermatológicas, que apresentaram picos em anos específicos. A análise reforça a necessidade de atenção contínua às condições de trabalho nessas áreas críticas.

Quanto à conformidade com as normas ambientais, o estudo constatou que, apesar das melhorias, ainda ocorreram períodos com concentrações acima dos limites da OMS, embora dentro dos limites nacionais. Isso destaca a importância de manter e reforçar as boas práticas de monitoramento contínuo para garantir o cumprimento integral das normativas.

5.2. Recomendações

Automação e Contenção de Fontes Emissoras: Automação total das áreas de maior geração de partículas, como moagem de cimento e armazenamento de matérias-primas, aliada à vedação de equipamentos e instalações. Essa medida reduzirá drasticamente as emissões difusas e protegerá tanto trabalhadores quanto comunidades próximas.

Plano de Monitoramento Ambiental Rigoroso: Implementar um plano de monitoramento contínuo das partículas PM10 e PM2,5, com relatórios regulares e equipamentos de medição em tempo real. A identificação imediata de padrões críticos permitirá uma resposta rápida para manter a conformidade com os limites da OMS.

Investimento em Sistemas Avançados de Filtragem: Substituir os sistemas de filtragem existentes por tecnologias de ponta, como filtros de manga de alta eficiência e coletores de ciclone. Isso reduzirá significativamente a emissão de partículas no ar e os riscos à saúde respiratória dos trabalhadores e das comunidades.

Vedação do armazém matéria-prima por 10m de altura (Clinquer, Calcário e Gesso) e tampar com lonas para evitar a dispersão das mesmas pela acção dos ventos;

Integrar a ISO 14001 Sistema de Gestão Ambiental à Limak Cimentos.SA.

6. Referências Bibliográficas

Aikes, M. A. (2019). Avaliação de metais em material particulado MP10. Trabalho de dissertação de mestrado apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais, do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – PPGTAMB – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Medianeira. Medianeira.

Batalha, A. (2018). Identificação de Perigos e Avaliação de Riscos. Relatório de projeto para obtenção do grau de mestre em em Ambiente, Saúde e Segurança na Universidade de Porto. Porto.

Belato, M. N. (2013). Análise da geração de poluentes na produção de cimento portland com o coprocessamento de resíduos industriais. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Mecânica. Tajubá.

Cipriano, P. M. (2014). Análise e Avaliação de Riscos para a Segurança e Saúde no Trabalho. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industria. Lisboa .

Costa, S. d. (2017). Avaliação e gestão do risco na perspetiva da norma ISO 9001:2015. Dissertação submetida para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Gestão da Qualidade. Minho.

Galhardo, P. G. (2020). Estudo da produção de cimento com ênfase no classe G. Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Segurança e Higiene do Trabalho. Rio de Janeiro.

Gomes, L. A. (2020). Qualidade do ar em zonas industriais: análise dos padrões temporais e espaciais de ozono e de óxidos de azoto na zona industrial urbana de mirandela (Portugal). Bragança.

Hillerman, T. P. (2018). Estrutura e aplicação do programa de controle médico de saúde ocupacional. Trabalho apresentado à Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, como requisito parcial para a obtenção ao grau de Bacharel em Administração do UniCEUB – Centro Universitário de Brasília. Brasília.

Lima, A. B. (2019). O processo produtivo do cimento portland. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia de Recursos Minerais da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo horizonte.

Maury, M. B. (2019). Produção de cimento: Impactos à saúde e ao meio ambiente. Trabalho de Conclusão de Curso submetido para obtenção do título de Bacharelado em Ciência e Tecnologia na Universidade Federal Rural do semiárido. Brasil.

Morais, P. S. (2010). Avaliação dos impactos de uma indústria de cimento na qualidade de vida da Ilha do Bispo . Dissertação apresentada ao Programa de PósGraduação em Recursos Naturais (Stricto-Sensu), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento aos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Recursos Naturais Campina Grande - PB.

Moreira, F. T. (2011). Análise da segurança e saúde do trabalho em empresas de pré-fabricado de concreto utilizando princípios da engenharia de resiliência. Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil. São Carlos – SP.

Nunes, D. P. (2020). Avaliação de metais em material particulado MP2,5 e MP10. Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Segurança e Saúde do Trabalho. Medianeira .

Pelembe, L. M. (2023). Avaliação dos parâmetros ocupacionais de risco: ruído, vibrações, poeiras e gases. 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. Maputo.

Pereira, A. L. (2014). Segurança Comportamental na Indústria Cimenteira. Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Segurança e Higiene no Trabalho. Setúbal.

Ribeiro, J. A. (2010). Análise dos impactos da produção de concreto no Brasil sobre as mudanças climáticas. Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Engenharia. São Paulo.

Silva, A. I. (2017). Efeito da deposição da poeira de cimento. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal do Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Biologia Vegetal. Belo Horizonte.

Thay, A. H. (2012). A indústria do cimento como vector estratégico para o desenvolvimento de Moçambique. Estudo de Caso: Cimentos de Moçambique. Trabalho de dissertação submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Empresas Lisboa .