

## Índice

|  |      |
|--|------|
| DEDICATÓRIA.....   | II   |
| AGRADECIMENTOS.....  | III  |
| EPÍGRAFE.....  | IV   |
| RESUMO .....   | V    |
| ABSTRACT .....   | VI   |
| ÍNDICE DAS FIGURAS.....  | VII  |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS .....   | VIII |
| ÍNDICE DE TABELAS.....   | IX   |
| LISTAS DE SÍMBLOS E SIGLAS.....  | X    |
| 1.1 Introdução.....  | 11   |
| 1.2 Contextualização do problema .....                                   | 11   |
| 1.3 Problema .....   | 11   |
| 1.4 Formulação da Hipótese.....  | 13   |
| 1.5 Objectivos.....  | 13   |
| 1.5.1 Objectivo Geral.....   | 13   |
| 1.5.2 Objectivos Específicos .....                                       | 13   |
| 1.6 Metodologia do Trabalho .....  | 13   |
| 1.7 Limitação e Delimitação do Estudo .....                              | 14   |
| 1.7.1 Delimitação.....   | 14   |
| 1.7.2 Limitação .....  | 14   |
| 1.8 Definição de Termos e Conceitos .....                                | 14   |
| CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E DEMOGRÁFICA DA<br>REGIÃO..... | 16   |
| 2.1. Localização Geográfica da Mina .....                                | 16   |
| 2.1.1 Clima .....  | 16   |
| 2.1.2 Hidrografia.....   | 18   |

|   |    |
|---|----|
| 2.1.3 Vegetação, Florestas e Fauna.....   | 19 |
| 2.1.4 Relevô.....   | 19 |
| 2.1.5 Vias de Acesso .....  | 20 |
| 2.2 Demografia / Densidade Populacional.....  | 20 |
| 2.2.1 Morfologia e Estrutura Interna do Corpo Mineralizado.....                                       | 21 |
| 2.3 Características Geológico-Mineiras .....  | 23 |
| 2.4 Estudo de caso.....   | 24 |
| 2.4.1 Estruturação dos instrumentos de avaliação e disposição de dados da catoca.....                 | 24 |
| 2.4.2 Implementação do instrumento de estruturação de dados;.....                                     | 25 |
| 2.4.3 Proposição de melhorias para o caso de estudo;.....   | 26 |
| CAPÍTULO III: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....  | 27 |
| 3.1 Sinistralidade na Indústria Extrativa e Estatística em Angola.....                                | 27 |
| 3.1.2 Taqueamento.....  | 30 |
| 3.2 Descrição dos métodos utilizados.....   | 32 |
| 3.2.1 Desmorte .....  | 34 |
| 3.3 Propriedades das rochas .....   | 35 |
| 3.3.1 Porosidade .....  | 35 |
| 3.3.2 Peso volumétrico das rochas .....   | 36 |
| 3.4 Perfuração das rochas .....   | 38 |
| 3.4.1 Substâncias explosivas .....  | 38 |
| 3.4.2 Tipos de explosivos .....   | 39 |
| 3.5 Acessórios de explosivos .....  | 39 |
| 3.6 - Riscos ocupacionais nas atividades de detonação .....   | 40 |
| 3.7- Gerenciamento de riscos .....  | 40 |
| 3.7.1 Análise preliminar dos riscos .....   | 45 |
| CAPÍTULO IV: PLANEAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE RISCO NO PROCESSO DE DETONAÇÃO ..... | 48 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.1- Gestão de risco .....                                   | 48  |
| 4.2 – Processo .....   | 49  |
| 4.3 - Estrutura . .....                                      | 50  |
| 4.4- Processo de segurança antes e durante a detonação ..... | 51  |
| 4.4.3 – Processo de segurança após a detonação .....         | 52  |
| 4.5 – Carregamentos de explosivos .....                      | 53  |
| 4.5.1 - Plano de fogo.....                                   | 56  |
| 4.6 - Sistemas de detonação por espoletas eletrônicas.....   | 57  |
| CAPITULO V: APRESENTAÇÃO E DISCUÇÃO DE RESULTADO .....       | 588 |
| 5.1 Sectores de exploração .....                             | 67  |
| CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....                              | 69  |
| REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....                               | 70  |





**UNIVERSIDADE AGOSTINHO NETO**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE MINAS**



**TRABALHO DO FIM DE CURSO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE  
LICENCIATURA**

**EM ENGENHARIA DE MINAS**

**PLANEAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE  
RISCOS NO PROCESSO DE DETONAÇÃO**

**CASO DE ESTUDO - MINA DE CATOCA**

**Autor:** Cláudio Arsénio De Sousa

Estudante N° 94139

**LUANDA, NOVEMBRO DE 2024.**

**FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE MINAS**

**PLANEAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO DE  
RISCOS NO PROCESSO DE DETONACÃO  
CASO DE ESTUDO - MINA DE CATOCA**

**Autor:** Cláudio Arsénio De Sousa

Estudante N° 94139

Trabalho do fim de Curso apresentado à  
Universidade Agostinho Neto, Faculdade  
de Engenharia, Curso de Minas, como parte  
dos requisitos para obtenção do grau de  
licenciatura em engenharia de minas.

**Orientador:** M. Sc. Eng°. João Cláudio Cabeia

**LUANDA /2024**

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais **Pedro Avelino De Sousa e Idalina Vumbi Sebastião** (em memória), que sempre me apoiaram de modo incondicional, sem medir esforços para que esse sonho se tornasse hoje uma realidade.

Aos meus irmãos e irmãs **em especial a minha esposa Ana Eulália Bumba De Sousa, e a minha filha Aurora Aline Bumba de Sousa**, que sempre me apoiaram de modo incondicional.

Em suma, a toda família **de Sousa e Sebastião** pelo apoio constante e incondicional que tiveram durante a minha formação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus todo Poderoso, pelo dom da vida, por ter dado ao homem a sabedoria, capacidade de pensar e por ter permitido a realização dos meus sonhos. Agradeço aos meus pais, minha esposa e minha filha, pela presença constante, incentivo, atenção e motivação aos estudos.

Aos docentes pelos conhecimentos e ensino transmitidos, que culminaram pelo profissional a qual me tornei.

Em especial agradeço ao meu orientador Eng<sup>o</sup>. Msc. **João Cláudio Cabeia**, pela atenção e orientação.

A todos docentes e não docentes do Departamento de Minas, bem como a faculdade de Engenharia, aos meus colegas e amigos que sempre torceram por mim e encorajaram-me a dar continuidade dos estudos, apesar das dificuldades.

Por último, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a conclusão do curso.

## EPÍGRAFE

O homem vive preocupado em viver muito e não em viver bem,  
Quando afinal não depende dele viver muito, mas viver bem.

**Sêneca**

## RESUMO

O desmonte de rochas com a utilização de explosivo quando executado sem prevenção de riscos de acidentes, e sem os devidos protocolos de segurança, pode ocasionar acidente aos trabalhadores e as pessoas alheias a esta actividade. Esta situação se agrava, mas ainda, uma vez que a utilização de ferramentas de gerenciamento de riscos em área de detonação ainda é pouco difundida pelas empresas que actuam neste sector. Diante deste trabalho, objectivou-me estudar os critérios do planeamento e Implementação de gestão de riscos no processo de detonação.

Portanto, sugiro que algumas medidas técnicas sejam adoptadas no desmonte de rochas com explosivos tais como: Controle da razão do carregamento, diminuição da carga máxima por espera, amarração e direcção do lançamento e abafamento do desmonte com material arenoso.

A segurança nas operações com explosivos é de extrema importância, devido o seu grau de riscos, que pode causar em acidentes, na sua maioria graves, por algum acto ou condições insegura, resultante do descumprimento aos procedimentos de normas implementadas na execução do trabalho de detonação. Com a Criação de novos procedimentos padrão e modelo, a etapa de carregamento e detonação, sem dúvidas, elevar-se-á segurança da actividade e, principalmente, aos colaboradores envolvidos neste tipo de trabalho.

**Palavra-chave:** Riscos, Mineração, Rochas.

## ABSTRACT

Rocks dismantling with the use of explosive when executed without accident risks, and without safety protocols, may cause an accident for workers and people of this activity. This is aggravated but still, since the use of risk management tools in detonation area is still difficult for companies acting in this sector. Faced with this work, I attended to study the criteria for the planning and implementation of risk management in the detonation process. Port so I suggest that some technical measures are adopted in the dismantling of rocks with explosives such as: control of the loading ratio, decreased maximum load by waiting, mooring and direction of the launching and ruffling of dismount with sandy material. Security in explosives operations are of extreme importance, due to your degree of risk, which can cause in accidents, in your most, serious Act or conditions insecure, resulting from noncompliance with procedures of standards implemented the implementation of detonation work. With the creation of new standard and model procedure, the loading and detonation stage, without doubt, raising the safety of activity and, especially, to the employees involved in this type of work.

**Keyword:** Scorns mining rocks.

## FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1: Localização da Mina .....  | 16 |
| Figura 2: Rio Chicapa .....  | 19 |
| Figura 3: Vegetação .....  | 19 |
| Figura 4: Vias de acesso.....  | 20 |
| Figura 5: Perfuradora na mina .....  | 30 |
| Figura 6: Martelo hidráulico na mina em estudo. ....                             | 31 |
| Figura 7: Operação de carregamento de material. ....                             | 31 |
| Figura 8: Monte de agregado do material detonado.....                            | 32 |
| Figura 9: Soterramento/ Desmoronamento .....                                     | 34 |
| Figura 10: Risco nº 2 – Esmagamento .....  | 35 |
| Figura 11: Princípios da gestão do risco .....                                   | 48 |
| Figura 12: Processo de Gestão do Risco .....                                     | 50 |
| Figura 13: Estrutura da gestão do risco.....                                     | 50 |
| Figura 14: Interdição da via de acesso. ....                                     | 52 |
| Figura 15: vias de acesso.....   | 52 |
| Figura 16: Rachaduras na face livre da bancada.....                              | 53 |
| Figura 17: Processo de carregamento de explosivo. ....                           | 54 |
| Figura 18: Processo de carregamento dos explosivos nos furos da bancada.....     | 55 |
| Figura 19: Processo de carregamento dos furos da bancada com os explosivos. .... | 55 |
| Figura 20: Malhas usadas para o gnaisse .....                                    | 57 |

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

|  |    |
|--|----|
| Grafico-1: Temperatura e precipitações médias..... | 18 |
| Grafico-2: Número de acidentes na mina.....        | 44 |

## ÍNDICE DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1: Coordenadas Geográficas de Catoca .....   | 16 |
| Tabela 2: Censo populacional da Lunda Sul de 2014 .....   | 21 |
| Tabela 3 : Parâmetros das bancadas, construídas em determinados tipos de rochas do jazigo de Catoca.....  | 23 |
| Tabela 4: Propriedades físico-mecânicas das rochas e do minério.....  | 24 |
| Tabela 5: Quadro comparativo de acidentes de trabalho ocorrido por ramo de actividade no ano de 2019. ....  | 27 |
| Tabela 6: Classe de acidentes de trabalho por incapacidade em 2018 e 2019.....  | 28 |
| Tabela 7: Informação geral, acidentes de trabalho. ....   | 29 |
| Tabela 8: Lista de colaboradores afectos á mineração .....  | 30 |
| Tabela 9: Níveis de Riscos Ponderado do método MIAR (Antunes et al., 2010).....   | 32 |
| Tabela 10: Classificação de Risco (R) W.T.Fine.....   | 33 |
| Tabela 11: Nível de Intervenção (NI) – NTP 330.....   | 34 |
| Tabela 12: Valores da porosidade de solos e rochas.....   | 36 |
| Tabela 13: Cálculo dos valores médios do peso volumétrico ( $\gamma$ ) e resistência à compressão ( $\sigma_c$ ) dos kimberlitos da chaminé de Catoca, por blocos geológicos..... | 37 |
| Tabela 14: Principais riscos envolvidos nas actividades da mina de catoca .....   | 41 |
| Tabela 15: Categoria de frequência dos cenários .....   | 45 |
| Tabela 16: Categoria de Severidade dos perigos identificados .....  | 46 |
| Tabela 17: Matriz de classificação de riscos – frequência x severidade .....  | 47 |
| Tabela 18 :Característica de severidade dos perigos identificados.....  | 47 |
| Tabela 19: Comparação dos resultados.....   | 58 |
| Tabela 20: Percentagem atribuída para cada nível de risco.....  | 59 |
| Tabela 21: Análise preliminar de riscos para desmonte de rochas por detonação.....  | 63 |

## LISTAS DE SÍMBOLOS E SIGLAS

**APR** Análise Preliminar de Risco

**°C** Grau Célsius

**Eng<sup>o</sup>** Engenheiro

**mm** milímetro

**m<sup>2</sup>** Metros quadrados

**m** metro

**m<sup>3</sup>** Metros cúbicos

**M.Sc** Mestre

**N<sup>o</sup>** Número

**NE** Norte-Este

**NW** Norte-Oeste

**NPT** Normas de preparação tecnológicas

**NRM** Normas Reguladoras de Mineração

**Qlt** Quilate

**SMC** Sociedade Mineira de Catoca

**t** toneladas

**TEM** Ministério de Trabalho e Emprego

**$\sigma_c$**  Resistência à Compressão

**$\gamma$**  Peso Volumétrico

**$\lambda$**  Coeficiente de Enfraquecimento Estrutural

**$\rho$**  Ângulo de Atrito Interno

**PGR** Programa de Gerenciamento de Riscos

**PIB** Produto Interno Bruto

**PND** Plano Nacional de Desenvolvimento

**$K_m$**  Coesão no Maciço

## CAPITULO 1: GENERALIDADES

### **1.1 Introdução**

A preocupação com a saúde e a segurança do trabalhador no sector da extração do minério, tem crescido consideravelmente nas últimas décadas, em função da conscientização dos empregadores e empregados, as quais vêm buscando o respeito pelas legislações e implementando mudanças comportamentais para evitar acidentes e doenças profissionais.

O aumento do número de acidentes de trabalho ocorridos em mineração tem chamado atenção não só as autoridades e os especialistas no sector, mais também aos próprios empreendedores, que passaram a se preocupar com os trabalhadores.

Dum conjunto de acidentes que tem ocorrendo, aproximadamente 90% caracterizam-se com acidentes típicos, ocorrido no ambiente de trabalho, este panorama que se repete no dia à dia do sector. Apesar de número de acidente ter uma tendência alta, justificada não só pelo agravamento da situação, mais também pelo número maior de registos oficiais, proporcionalmente esses acidentes típicos vêm diminuindo com o passar dos anos.

Actualmente inúmeras são as preocupações das empresas em relação à saúde e segurança de seus colaboradores.

Daf é que norma e legislações estão sendo criadas e actualizadas, visando uma melhoria continua das condições no ambiente de trabalho e na busca constante de prevenção. Por isso que todo o plano que se faça ou toda ação que se executa, necessariamente deverá envolver segurança, para que no final se consiga valor positivo.

No entanto, é necessário envolver segurança em nossos planos familiares, numa viagem, em nossos negócios que envolvem dinheiro e na execução dos nossos trabalhos. Com finalidade de obter valores positivos, sem, no entanto correr os riscos de lesões, mortes, perdas económicas, de tempo, de materiais e de equipamentos.

Os riscos que ocorrem através da detonação são caracterizados por desagregar e fragmentar a rocha, para isso, é possível quando os esforços gerados na detonação superam o factor de resistência do maciço.

As áreas de trabalho que mais envolve estas actividades, geralmente são as de obras civis e de mineração, porém as técnicas usadas é que os diferenciam.

Os instrumentos de avaliação de riscos foram desenvolvidos nos últimos anos de acordo com as condições reais e processo produtivo verificadas no local do estudo, sendo eles, listas de verificação com base no enquadramento legal, documentos e inquéritos que se adequam a realidade laboral.

## **1.2 Contextualização do Problema**

No processo produtivo, o homem reúne certas condições indispensáveis para realização da sua actividade, de forma segura sem que estas coloquem em riscos aos trabalhadores e equipamentos.

Hoje as empresas pautam pela prevenção do capital humano, financeiro e material. Levanta-se aí a questão de estudo, para redução de riscos a que seus colaboradores estão sujeitos na hora de detonação.

Havendo a necessidade de planear e implementar o sistema de gestão de risco, com intuito de suprimir os riscos ligado ao processo de detonação, surge o problema abaixo.

## **1.3 Problema**

Necessidade de um sistema tecnológico de gestão de riscos para o processo de detonação.

### **Causas**

- ✓ Falta de planeamento, no processo de detonação;
- ✓ Falta de um sistema de gestão de riscos;
- ✓ Falta de um novo sistema tecnológico de gestão de risco e detonação;
- ✓ Má detonação.

### **Consequências**

- ✓ Desgaste físico e mental dos especialistas;
- ✓ Necessidade de uma segunda detonação;
- ✓ Desgaste das máquinas para fragmentar a rocha após a detonação;
- ✓ Acidentes frequentes durante e após a detonação.

## **1.4 Formulação da Hipótese**

Se for realizado um estudo de planeamento e implementação do sistema de gestão de riscos no processo de detonação, será possível apresentar um programa de contenção de riscos.

## **Motivo da Escolha do Problema**

A prevenção dos riscos na detonação, inicia com a implementação de um sistema de riscos, para que se eleve o aumento da eficiência produtiva. Garantir que o trabalho não compromete a saúde dos trabalhadores onde o homem é considerado como factor principal para o desenvolvimento de qualquer actividade produtiva.

Para que isso aconteça, são necessárias que as academias tenham um papel fundamental para dar respostas imediatas às indústrias mineiras, logo há necessidade de se estudar os sistemas de gestão de riscos a ser planeado a fim de suprimir os riscos ligados a detonação a que os seus trabalhadores estão sujeitos.

## **1.5 Objectivos**

### **1.5.1 Objectivo Geral**

✓ Estudar os critérios do Planeamento e Implementação de Gestão de Riscos no processo de Detonação.

### **1.5.2 Objectivos Específicos**

- ✓ Caracterizar a fisiografia e demografia da região;
- ✓ Descrever os riscos, ligados ao processo de detonação
- ✓ Caracterizar o processo de planeamento do sistema de gestão de riscos
- ✓ Fazer uma análise de implementação do sistema de gestão de riscos ;
- ✓ Definir a melhor opção tecnológica de planeamento e implementação do sistema de gestão de riscos.

## **1.6 Metodologia do Trabalho**

Neste item, faz-se uma descrição de metodologia deste trabalho, enfatizando a sua natureza, a classificação e as etapas seguidas para obtenção dos resultados esperados.

Desta forma a metodologia é o conjunto de procedimentos ou caminho com o qual se atingem os objectivos ou explicações de um determinado problema. Do ponto de vista dos objectivos e do problema, optou-se pelos seguintes tipos de pesquisas:

- ✓ **Pesquisa exploratória:** Visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico; entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado; análise de exemplos que estimulem a compreensão, assumindo, em geral, as formas de pesquisas bibliográficas e do Estudos de Caso.
- ✓ **Pesquisa Descritiva:** Visa descrever as características que envolve o uso de técnicas padronizadas de colecta de dados, tais como: questionário e observação sistemática.

Para atingir os objectivos do estudo, o desenvolvimento deste trabalho será baseado na seguinte Metodologia:

Pesquisa bibliográfica que inclui análise de relatório, livros e publicações que fazem uma abordagem sobre o presente trabalho;

Questionários e entrevistas;

Observação e acompanhamento dos processos de detonação;

Determinação dos índices técnicos económicos ligados a sistema de gestão de riscos;

Discussão e Análise dos Resultados;

Conclusões e Recomendações.

## **1.7 Limitação e Delimitação do Estudo**

### **1.7.1 Delimitação**

Após o aprofundamento teórico foram verificadas e definidas as variáveis: Trabalhador, actividades envolvidas no desmonte de rochas e riscos associados à detonação por explosivos e suas relações entre a integridade física do trabalhador mediante a exposição aos riscos inerentes a estas actividades.

### **1.7.2 Limitação**

Neste trabalho de planear e implementar o sistema de gestão de risco no processo de detonação pretende-se avaliar parâmetro técnico da eficiência produtiva quanto aos riscos de detonação.

## **1.8 Definição de Termos e Conceitos**

**Mina:** Área onde se explora um bem mineral. Quando a jazida passa a ser aproveitada, ela se transforma em minas podendo ser a céu aberto ou subterrâneo.

**Minério:** toda substância ou agregado mineral, rocha ou solo que pode ser aproveitado tecnicamente, pois ela contém o mineral minério (substância mineral útil de interesse econômico).

**Rocha:** agregado natural composto de alguns minerais ou um único mineral.

**Depósito mineral:** ocorrência geológica de minerais em forma relativamente concentrada com potencial de exploração.

**Desmonte:** operação que consiste em separar blocos e fragmentação do maciço a que pertence através da abertura da cavidade.

**Explosivos:** é uma substância ou conjunto de substância que podem sofrer processo de explosão.

**Do ponto de vista geológico distinguem-se os seguintes termos:**

**Mineral:** substância natural geralmente inorgânica que ocorre na crosta terrestre e que apresenta uma composição química definida e características físicas próprias.

**Estéril ou Ganga:** minerais que não têm utilidade nem valor suficiente para ser explorado (o estéril ou ganga representa tudo aquilo que vem com o minério, mas é considerado desperdício).

**Perigo:** expressa uma exposição de um risco favorecendo sua materialização em danos.

**Risco:** uma ou mais situações anormais associadas ao trabalho.

**Detonação:** é uma combustão explosiva que se propaga pela associação de dois fenômenos que se interligam mutuamente, um físico (ondas de choques), e o outro químico (reação de combustão).

**Detonação:** É uma reação de decomposição com a participação exclusiva do oxigênio intrínseco da substância explosiva.

## CAPÍTULO II: CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA E DEMOGRÁFICA DA REGIÃO

### 2.1. Localização Geográfica da Mina

Geograficamente, a mina de Catoca situa-se no Nordeste de Angola, na parte noroeste da província da Lunda Sul, e esta por sua vez faz fronteira a Norte com a província da Lunda Norte, a Sul com a província do Moxico, a Oeste com província de Malanje e Leste com a República Democrática do Congo. A Mina situa-se a 35 km de Saurimo (Capital da província da Lunda Sul), e cerca de 949 km (EN230) de Luanda. O território da área de concessão da mina encontra-se dentro da folha topográfica 121-SG34 (Escala 1:1000000) do Cadastro Topográfico do Estado, numa região situada nos limites entre as Lundas Norte e Sul, e ocupa uma área de 340 km<sup>2</sup>, delimitada pelas seguintes coordenadas geográficas apresentadas na tabela abaixo.

Tabela 1: Coordenadas Geográficas de Catoca

| Coordenadas Geográficas |                       |               |
|-------------------------|-----------------------|---------------|
| Longitudes Este (X)     | Latitudes Sul (Y)     | Altitudes (Z) |
| 20°15'00'' - 20°24'15'' | 9°18'00'' - 9°29'20'' | 937 – 1005 m  |



Figura 1: Localização da Mina

Fonte: Relatório Catoca (2001)

#### 2.1.1 Clima

A região enquadra-se na zona tropical quente e húmido (mega térmica e húmida do tipo B1 e B2, segundo a classificação regional de Thornthwaite), definida por uma estação chuvosa de cerca de nove (9) meses, isto é, meados do ano; setembro a maio, e que os quantitativos são superiores a 1400 mm.

A estação seca com duração inferior a 120 dias, caracterizado não só por participações praticamente nulas, mas também por um grau de secura do ar bastante acentuado, atenuada por uma humidade relativa elevada, que ao longo do ano apresenta valores médios superiores a 70%. A temperatura média anual é superior de 23 °C á 24 °C em julho com valores máximos durante a época de chuvas em março ou abril.

Existe grande regularidade na variação das condições climáticas quer com a latitude quer com a altitude, devido à ausência de relevo. Assim, a temperatura média anual do ar é de 27 °C, sendo a humidade relativa pronunciada e o regime de chuvas carregado, por vezes torrenciais.

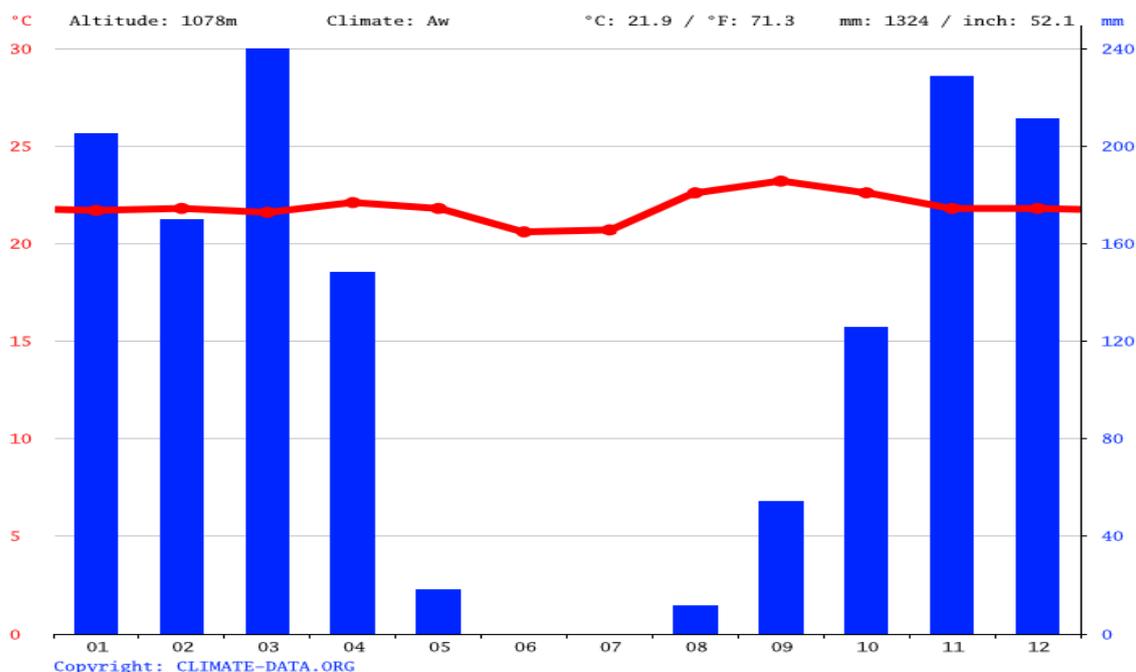
A humidade relativa na Lunda-Sul aproxima-se dos 90% e 50% respectivamente para o mês mais húmido e para o mês mais seco. Quanto a máxima absoluta, aproximam-se entre os 100% a 20%. Portanto a média anual das chuvas é de 1350 mm, como a máxima de 1500 mm e mínima de 1200 mm.

O clima é caracterizado pela existência de dois máximos de pluviosidade, situados respectivamente em abril e dezembro, e o segundo superior ao primeiro, alternado com dois mínimos, um muito mais acentuado, de seca praticamente completa em junho e julho, e outro muito menos acentuado em fevereiro.

A estação seca dura aproximadamente três (3) meses (junho-agosto) e a estação das chuvas nove (9) meses (setembro-maio). Acrescer ainda que as chuvas por vezes são acompanhadas de granizos e ao entardecer e ao amanhecer, criam um campo muito extenso de nevoeiro.

O clima é tropical, chove muito mais no verão que no inverno, segundo a Koeppen e Geiger a classificação do clima é Aw. Em Saurimo a temperatura média é 21.9 °C. 1324 mm é o valor da pluviosidade média anual.

A temperatura média do mês de setembro, o mês mais quente do ano, é de 23.2 °C. Em junho, a temperatura média é 20.6 °C. É a temperatura mais baixa de todo o ano, como mostra o gráfico abaixo.



**Gráfico 1:** Temperaturas e precipitações médias

**Fonte:** Learn More-Lunda Sul- Climate-Data.org (2020)

### 2.1.2 Hidrografia

A rede hidrográfica da região está orientada na direção norte, drena as suas águas para o rio Zaire, por intermédio do rio Kassai, um dos seus maiores tributários e cujos afluentes alimentados por inúmeros subafluentes, atravessam a região de sul para o norte. Os principais afluentes do rio Kassai são, de oeste para leste, o Kuango, Cuilo, Luangue, Luxico, Chicapa, Luachimo, Chihumbe e seu afluente Luembe.

A chaminé de Catoca encontra-se na ladeira direita do vale de curso médio do rio Lova, um dos afluentes do rio Chicapa. O jazigo está situado numa caldeira erosiva natural, formada pelo riacho Catoca que ocorre acima da própria chaminé.

Os vales dos rios são abertos e têm formas de U e V. São rios de comprimento médio, frequentemente com pedregais, por isso são impróprios para navegação (conforme se pode observar na figura 2). Os rios presentes na área de concessão da mina de Catoca possuem recursos hídricos interessantes, destacando-se o rio Lova, que é utilizado para o abastecimento de água potável e o rio Luite, que fica localizado na zona adjacente à bacia de contenção de rejeitados. Os mais atrativos é o rio Chicapa, que corre ao longo do limite leste da concessão, e é utilizado para o aproveitamento hidroelétrico, fornecendo energia eléctrica para Catoca e à cidade de Saurimo. O caudal destes rios varia segundo as estações do ano. No período seco apresentam um caudal mínimo, enquanto no tempo chuvoso, o caudal aumenta consideravelmente.

No que respeita às cotas do relevo na superfície envolvente à intrusão, estas rondam 1065 m na parte mais para E 950 m no leito do rio Lova.



**Figura 2:** Rio Chicapa

**Fonte:** Catoca

### **2.1.3 Vegetação, Florestas e Fauna.**

A moldura verde das matas e da grande floresta equatorial é mais expressiva junto dos braços dos grandes rios.

O solo desfeito pelo volume das quedas pluviais ou a savana desacolhedora, salvo em algumas modestas manchas é coberto de vegetação rasteira. A Lunda Sul é em síntese uma região de savana pouco arborizada. Todavia a região possui alguns recursos florestais localizados, fundamentalmente nos municípios de Muconda e de Saurimo.

A diversidade da fauna compreende mamíferos de grande porte, aves diversas, répteis, batráquios, peixe e numerosos grupos de vertebrados (antópolos, coleópteros, fauna do solo etc.)



**Figura 3:** Vegetação

**Fonte:** Relatório Catoca (2001)

### **2.1.4 Relevo**

A Lunda Sul, como a maior parte da África Central, do ponto de vista climático, classifica-se no grupo de clima subequatorial.

A superfície é suavemente ondulada e monótona, quase sem deformações por isso é constituída por autênticas planícies. A altitude baixa gradualmente desse o canto SW, onde estão as nascentes dos grandes rios Cuango, Kassai, etc. Onde alcança cerca de 1400 metros a NE e para NW reduz-se até 700 metros.

### **2.1.5 Vias de Acesso**

A mina é acessível por estrada asfaltada ou por via aérea, quer via Saurimo quer via Lucapa. Por via aérea, utilizam-se aviões de grande e pequeno porte que aterram respetivamente no aeroporto de Saurimo e aeroporto da mina de Catoca, e por via terrestre, através das estradas nacionais nº 180 que liga as cidades de Saurimo ao Dundo, e estrada nacional 230 entre as cidades de Malange e Saurimo (Lunda Sul).

Já o acesso ao campo de estudo é feito por uma via principal, asfaltada pela empresa Catoca, a partir do desvio da estrada nacional nº 180, no bairro do Zorro.



**Figura 4:** Vias de acesso

**Fonte:** André da Costa-estradas da Lunda Sul com menos acidente 30/08/2018

## **2.2 Demografia / Densidade Populacional**

Lunda Sul é uma província de Angola situada no Nordeste do país, e sua capital chama-se Saurimo. Tem uma área de 77.636 Km<sup>2</sup> e a sua população aproximada é de 609.851 habitantes. A província é constituída pelos municípios de Cacolo, Dala, Muconda e Saurimo.

A Lunda Sul tem 10 comunas nomeadamente: Mona Quimbundo, Chiluage, Muriege, Cazage, Luma-Sassai, Alto-Chicapa, Xassengue, Cucumbi, Sombo-Sul, Kassai e Dala.

**Tabela 2:** Censo populacional da Lunda Sul de 2014

| <b>Dados Gerais</b>                      |                                 |
|--|---------------------------------|
| Província                                | Lunda Sul                       |
| Fundada                                  | 4 de julho de 1978 (46 anos)    |
| <b>Características Geográficas</b>       |                                 |
| Área                                     | 77.636 Km <sup>2</sup>          |
| População                                | 609.851 Hab.                    |
| Densidade                                | 1.67 Hab./Km <sup>2</sup>       |
| Sítio                                    | Governo Provincial da Lunda Sul |
| <b>Projecto Angola/ Portal de Angola</b> |                                 |

Fonte: Relatório de Catoca (2001)

### **2.2.1 Morfologia e Estrutura Interna do Corpo Mineralizado**

A chaminé de Catoca pertence aos maiores corpos kimberlíticos do mundo. A maior parte do jazigo estava recoberta (até 2004) por produtos de destruição das rochas encaixantes e sedimentos finos da formação Calahári, cuja espessura varia de uns metros até 120m, constituindo em média 40m.

A chaminé de Catoca pertence aos depósitos kimberlíticos fracamente erodidos com o funil conservado, preenchido pelas rochas da fácies crateral. A transição da cratera ao diatrema, com o canal do tipo cilíndrico, é observada numa profundidade de 400m (cota absoluta +560m), em que as dimensões do corpo mineralizado são reduzidas até 430×360m (136,4 mil m<sup>2</sup>). A máxima redução da área da chaminé é constatada dentro dos limites da cratera: na profundidade de 100 m a partir da superfície terrestre a área do corpo mineralizado diminui-se em 19%, e a 200m de profundidade constitui 52% das suas dimensões iniciais. Os resultados da prospecção revelam a morfologia e estrutura interna complicadas, da chaminé de Catoca.

Em termos generalizados, as rochas kimberlíticas e as formações a elas associadas, por sua composição substancial e o carácter diamantífero subdividem-se em três complexas estruturas faciais, os quais compõem no interior da chaminé os sectores distintos separados:

**1-**A parte central do corpo mineralizado, até a profundidade de 260m (Sector intercrateral) está formada pelas rochas Vulcano gênico-sedimentares e epiclásticas RVS, sendo

fracamente diamantíferas (Teor Baixo), e brechas kimberlíticas tufáceas com teores industriais de diamantes BKT-2.

2-O cinturão anelar (endo periférico) da chaminé, confinante com as paredes do funil da cratera, está composta normalmente por brechas kimberlíticas com a textura maciça do cimento BKM, estes por sua vez apresentam o principal tipo dos minérios industriais o jazigo, e parcialmente por brechas Kimberlítica tufáceas BKT-1 que também contém diamantes em concentrações industriais;

3-A parte central do corpo kimberlítico, abaixo da profundidade de 260m (o próprio diatrema), está representada por brechas kimberlíticas autolíticas (BKA), que por suas características diamantíferas são próximas às brechas kimberlíticas com textura maciça do cimento (BKM).

Os kimberlitos e as rochas Vulcanogénico-sedimentares (**RVS**) diamantíferas, das fácies crateral do jazigo, geneticamente vinculadas à formação do próprio corpo mineralizado, estão representados pelos seguintes tipos principais:

- ✓ Brechas kimberlíticas com a textura maciça do cimento (**BKM**);
- ✓ Brechas kimberlíticas autolíticas (**BKA**);
- ✓ Tufos kimberlíticos, brechas tufáceas e tufo-gravelitos com intercalações de arenitos tufáceos (**BKT**);
- ✓ Arenitos, arenitos tufáceos, tufo-aerólitos, argilitos (**RVS**);
- ✓ Rochas kimberlíticas da zona de transição (**ZT**);
- ✓ Substrato do complexo Vulcano génico-sedimentar, saturadas em abundância com os xenólitos de gnaisses encaixou – a chamada “zona xenolítica” (**ZX**).

As rochas encaixantes da chaminé são gnaisses pré-cambrianos de diferentes composições e graus de meteorização, e as rochas sobrejacentes de cobertura são areias da formação paleogeno-neogénica de Calahári, areias e arenitos interformacionais paleocénicos e sedimentos aluvionais e artificiais industriais modernos.

Constitui uma peculiaridade dos kimberlitos da chaminé de Catoca, a sua resistência relativamente pequena e alto teor do material argiláceo, o que permite proporcionar, em regime de moagem sem bolas trituradoras (moagem autógena). No minério, o teor de minerais com uma densidade maior de  $3,1 \text{ g/cm}^3$  nos kimberlitos da chaminé de Catoca não ultrapassa 1-5%, mais da metade deles são minerais magnéticos.

A delimitação de blocos e categorização das reservas foram efectuadas em função do grau atingido de prospecção geológica, densidade de demarcação e amostragem. No âmbito desses parâmetros, a chaminé de Catoca está prospectada: até a profundidade de 200m (horizontes de +960 - +760m) – em nível da categoria B, no intervalo de 200-400m (horizontes de +760 - +560m) – em nível da categoria C1, e no intervalo de 400-600m as reservas têm sido avaliadas em nível da categoria C2. Com base nos materiais elaborados pelo Instituto “Iakutniprolamaz”, foi adoptado como parâmetro-limite dos requisitos para a avaliação das reservas de diamantes, o mínimo teor de mineralização de 0,15 qlt/ton.

### 2.3 Características Geológico-Mineiras

As características de engenharia geológica da chaminé de Catoca, no período de 1998 a 2001, foram abertos os poços de pesquisas de engenharia geológica, de até 70m de profundidade, totalizando 1813,2 metros corridos, visando tomar amostras e efectuar ensaios das características físico-mecânicas de todas as variedades litológicas das rochas kimberlíticas, gnaisses encaixantes e rochas arenáceo-argilosas sobrejacentes, do jazigo de Catoca. Além disso, a cada intervalo de 5-10m foram recolhidos espécimes das rochas a partir dos testemunhos das rochas kimberlíticas, recuperados nos poços de prospecção geológica de até 600m de profundidade, e também dos gnaisses descobertos debaixo do corpo kimberlítico. Os estudos das propriedades das rochas efectuavam-se tanto no laboratório como no campo. O respectivo trabalho foi executado pelo Sector de Engenharia Geológica e Hidrogeologia do Departamento de Geologia da SMC (Sociedade Mineira de Catoca).

Foram calculados também os parâmetros das bancadas, construídas em determinados tipos de rochas. Os dados base para os cálculos e resultados, estão apresentados na tabela a seguir. Os valores de coesão estão apresentados considerando as correções em coeficiente de enfraquecimento estrutural ( $\lambda$ ).

**Tabela 3 :** Parâmetros das bancadas, construídas em determinados tipos de rochas do jazigo de Catoca

| Rocha                 | Densidade de rocha $\gamma$ ( $g/cm^3$ ) | Ângulo de atrito interno, $\rho$ , graus | Coesão no maciço $K_m$ ( $t/m^2$ ) | Ângulo do talude (graus) com altura do talude H, m |      |      |
|-----------------------|--|--|------------------------------------|--|------|------|
|                       |  |  |                                    | 10 m   | 20 m | 30 m |
| Areias Calahári secas | 2,03                                     | 25,0                                     | 7,0                                | 68   | 41   | 28   |
| Areias húmidas        | 1,77                                     | 21,4                                     | 2,2                                | 24   | 17   | 12   |

|                                       |      |      |      |    |    |    |
|---------------------------------------|------|------|------|----|----|----|
| Areias interformacionais              | 2,06 | 24,2 | 7,7  | 69 | 39 | 28 |
| Não saturadas com água                | 2,01 | 22,4 | 4,2  | 43 | 22 | 19 |
| Arenito Vulc. Sedimentar              | 2,46 | 27,7 | 18,4 | 90 | 75 | 57 |
| Gnaiss meteorizados                   | 1,19 | 21,3 | 4,3  | 45 | 23 | 18 |
| Gnaiss-marga pouco resistente         | 2,08 | 33,8 | 9,0  | 87 | 72 | 52 |
| Gnaiss resistente                     | 2,61 | 29,6 | 361  | 90 | 88 | 78 |
| Brecha kimberlítica (BKM) meteorizada | 1,79 | 17,6 | 4,9  | 53 | 23 | 18 |
| BKM denda                             | 2,47 | 39,2 | 35,3 | 90 | 90 | 82 |

Fonte: Relatório de Catoca (2001)

**Tabela 4:** Propriedades físico-mecânicas das rochas e do minério.

| Nº do corte | Rocha                             | Cota do sopé, m | $\gamma$<br>g/cm <sup>3</sup> | $\rho$ ,<br>graus | K <sub>m</sub><br>t/m <sup>2</sup> | $\lambda$ |
|-------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------------|-----------|
| 1-1         | Superfície                        | 995             |                               |                   |                                    |           |
|             | Areias Calahári                   | 987             | 2,03                          | 25,0              | 10,0                               | 0,70      |
|             | Gnaiss Meteorizado                | 949             | 1,92                          | 21,3              | 7,4                                | 0,58      |
|             | Gnaiss repouso                    | 910             | 2,08                          | 33,8              | 15,5                               | 0,58      |
|             | Gnaiss resistente                 | 860             | 2,61                          | 29,6              | 361,0                              | 0,10      |
| 2-2         | Superfície                        | 975             |                               |                   |                                    |           |
|             | Areias interformacionais          | 950             | 2,06                          | 24,2              | 11,0                               | 0,70      |
|             | Areias letificadas de grãos finos | 920/890*        | 2,07                          | 26,0              | 23,0                               | 0,70      |
|             | Arenito das RVS                   | 890/860*        | 2,46                          | 37,7              | 184,0                              | 0,10      |

Fonte: Relatório de Catoca (2001)

## 2.4 ESTUDO DE CASO

### 2.4.1. Estruturação dos instrumentos de avaliação e disposição de dados da catoca

Foi elaborado um reitero de proteção, postura do trabalhador mediante contingências. Nisto buscou se diversas informações baseados em desmonte de rocha por detonação,

associado ao conhecimento tácito, de vivência de campo, actuando como engenheiros de minas e nessas observações buscaram se informações com relação a:

Actividades exercidas, segurança e o detalhamento dessas informações.

#### **2.4.2 Implementação do instrumento de estruturação de dados;**

Mediante a estruturação de dados foi elaborado uma abordagem teórica com planilhas de Análise Preliminares de Riscos, com objectivo de expor as principais causas dos acidentes e propor soluções nas frentes de trabalho.

Foi definida a implantação de ferramentas de segurança mapeando-se sequencialmente as actividades de cada etapa e o procedimento executado pelos trabalhadores, associados com as etapas do processo de detonação, foram criados planilhas eletrônicas para consolidar as informações dos processos que foram definidas.

As ferramentas de gerenciamento de riscos tratam principalmente de falhas no isolamento da área de risco com entradas de colaboradores ou de pessoas não autorizadas em áreas de detonação e da exposição dos trabalhadores a riscos ocupacionais inerentes ao trabalhador.

Os dados de preenchimento desta planilha são preposições de tipos de acidentes que podem ocorrer ou já ocorreram bem como as observações que devem ser feitas e devidas medidas de segurança para que não aconteçam acidentes.

Na ferramenta APR (Análise Preliminar de riscos) foi posicionada em colunas e linhas os riscos, causas, efeitos, categorias de frequência, categoria de severidade, categoria de riscos e medidas preventivas. A categoria de frequência se apresenta dividida em cinco categorias, sendo:

- A. Extremamente remota;
- B. Remota;
- C. Pouco provável;
- D. Provável;
- E. Frequente.

A categoria de severidade esta dividida em quatro subcategorias que são:

- I. Desprezível quando não ocorre lesões;
- II. Marginal quando ocorre lesões leves em empregados e terceiros;
- III. Lesões de gravidade moderada em pessoas entram muros e lesões leves em pessoas extra muros;

IV. Provoca morte ou lesões graves em uma ou mais pessoas intra ou extra muros.

A categoria de riscos pode ser:

- 1 T – Tolerável;
- 2 M – Moderado;
- 3 NT – Não tolerável.

#### **2.4.3 Proposição de melhorias para o caso de estudo;**

Foram estabelecidas propostas para um processo, mas seguro, considerado os aspectos relacionados às boas práticas de convivência do trabalhador em seu ambiente laboral, para propiciar melhor condições de integridade e estabelecimento de níveis mínimos de segurança que estão associados a diminuição de acidentes no decorrer das actividades de desmonte de rochas por explosivos.

## CAPÍTULO III: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### **3.1 Sinistralidade na Indústria Extrativa e Estatística em Angola**

Ao longo dos últimos anos pode-se notar que apesar de uma redução nas lesões ocorridas



**Tabela 7:** Informação geral acidentes de trabalho

| Informação geral (por ano)            | 2015          | 2016          | 2017          |
|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Acidentes de trabalho (Total/Mortais) | 208 457 / 161 | 207 567 / 138 | 209 390 / 140 |
| População exposta ao risco            | 4 548 670     | 4 605 247     | 4 756 619     |
| Taxa de incidência (Total/Mortais)    | 4 582,8 / 3,5 | 4 507,2 / 3,0 | 4 402,1 / 2,9 |
| Total de AT com DTP                   | 142 031       | 142 647       | 143 425       |
| Total DTP                             | 5 459 744     | 5 333 835     | 5 430 340     |
| Média de DTP por AT                   | 38,4          | 37,4          | 37,9          |

(Gabinete de Estratégica e Planeamento – GEP - 2020)

**Tabela 8:** Caracterização da entidade empregadora (EE)

| Atividade Económica (Sector CAE Rev.3)                                  | Total AT   |                | AT Mortais |            |
|---|------------|----------------|------------|------------|
|   | V.A        | Tx. Incid.     | V.A        | Tx. Incid. |
| A Agricultura, produção animal, caça, floresta e pesca                  | 6 872      | 2 257,2        | 21         | 6,9        |
| <b>B Indústrias extrativas</b>  | <b>651</b> | <b>5 279,1</b> | <b>1</b>   | <b>8,1</b> |
| C Indústrias transformadoras  | 53 650     | 6 677,6        | 23         | 2,9        |
| D Eletricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio                | 225        | 1 318,5        |            |            |
| E Capt., trat. e distrib. água; saneam., gestão de resid. e despoluição | 3 054      | 8 378,0        | 5          | 13,7       |
| F Construção  | 25 968     | 8 444,6        | 42         | 13,7       |
| G Comér. por grosso e a retalho; repar. de veíc. autom. e motociclo     | 33 247     | 4 725,5        | 12         | 1,7        |
| H Transportes e armazenagem   | 13 487     | 6 612,9        | 20         | 9,8        |
| I Alojamento, restauração e similares                                   | 13 664     | 4 227,9        | 4          | 1,2        |
| J Atividades de informação e de comunicação                             | 988        | 0 860,3        |            |            |
| K Atividades financeiras e de seguros                                   | 626        | 0 580,9        |            |            |

(Gabinete de Estratégica e Planeamento – GEP - 2020)



- Altura da bancada;
- Característica do maciço rochoso;
- Processo de furação e desmonte;
- Configuração das cargas;
- Rítimo de produção.

### 3.1.2 TAQUEAMENTO

Após o arrebentamento os blocos com dimensões superiores e que não são admitidas no britador primário, precisam ser taqueados. O “taqueio” fragmenta os blocos com dimensões superiores no processo de desmonte, após a exploração programada, para que atingir as dimensões necessárias para a continuação do processo no britador. A utilização de um martelo hidráulico acoplado a lança da escavadora giratória é necessária para esse tipo de actividade conforme figura 6 e o martelo hidráulico em operação é demonstrado conforme figura 7.



**Figura 6:** Martelo hidráulico na mina em estudo



**Figura 7:** Operação de carregamento de material



**Figura 8:** Monte de agregado do material detonado

## 3.2 Descrição dos Métodos Utilizados

### 3.2.1 Metodologia Integrada de Avaliação de Risco

O método MIAR considera quatro tipos de elementos baseando-se em uma análise de processos que dependem do local e necessidade da organização promovendo ou não mais detalhes no estudo, eles são: 1) macroprocesso, 2) processo, 3) actividade 4) tarefa (Antunes et al., 2010).

O Nível de risco (NR) é obtido através do produto: **NR= Gravidade x Extensão do impacto x Frequência com que ocorre o aspecto.**

Após a determinação do Nível de Risco, o próximo passo é determinar o desempenho dos sistemas de prevenção e controlo e através da seguinte divisão, obtem o valor do Nível de Risco Ponderado. (**Nível de Risco Ponderado= Nível de Risco / Desempenho dos Sistemas de Prevenção e Controlo**).

A pontuação total varia entre 1 a 320000 dentro de 5 níveis de risco em função da seguinte pontuação conforme tabela 11 abaixo:

**Tabela 10:** Níveis de Riscos Ponderados no método de MIAR (Antunes et al., 2010).

| NÍVEL DE RISCO   | PONTUAÇÃO                              |
|------------------|--|
| 1- BAIXO         | $\leq 8$                               |
| 2- MÉDIO         | $8 < \text{indice de risco} \leq 24$   |
| 3- ELEVADO       | $24 < \text{indice de risco} \leq 64$  |
| 4- MUITO ELEVADO | $64 < \text{indice de risco} \leq 160$ |
| 5- RISCO EXTREMO | $\geq 160$                             |

Fonte: Taynara Jardim de Souza Santos 2020

O método de William T. Fine (WTF) foi publicado, mas de 30 anos atrás (Fine, 1971), é um método bastante utilizado para identificação dos perigos, avaliação, hierarquização e controlo de riscos associados a atividades e processos.

O método tem por base três variáveis:

- Consequência (C) – É o resultado mais provável de um potencial acidente;
- Exposição ao risco (E) – É a frequência com que ocorre a situação de risco;
- Probabilidade (P) – É representado pela probabilidade associada à ocorrência do acidente.

Conforme as variáveis referidas, o grau de perigosidade ou risco vem definido como o produto da extensão das consequências, pela exposição e pela probabilidade.

$$\text{Risco} = C \times E \times P$$

A definição da atuação em função do nível de risco identificado é quantificado e pode ser efectuada através das orientações expressas na Tabela 12:

**Tabela 11:** Classificação de Risco (R)

| <b>Classificação de Risco (R)</b>           |                               |
|---|-------------------------------|
| <b>Valor de risco</b>                       | <b>Classificação de Risco</b> |
| <b>400</b>                                  | Extremo                       |
| <b><math>250 \leq Risco &lt; 400</math></b> | Muito Elevado                 |
| <b><math>200 \leq Risco &lt; 250</math></b> | Elevado                       |
| <b><math>85 \leq Risco &lt; 200</math></b>  | Médio                         |
| <b>&lt; 85</b>                              | Baixo                         |

William T. Fine (Fine 1971).

O Método NTP330 Sistema Simplificado de Avaliação de Riscos de Acidente indica quantificar a magnitude dos riscos existentes, e como consequência hierarquizar racionalmente a sua prioridade de correção (Belloví & Malagón, 1993).

Para tal, inicia-se a deteção das deficiências existentes nos locais de trabalho para, posteriormente estimar a probabilidade de ocorrer um acidente e, tendo em conta a magnitude esperada das consequências, avaliar o risco associado a cada uma das deficiências.

Atendendo ao objectivo de simplicidade que se pretende, nesta metodologia não se aplicarão os valores reais absolutos de risco, probabilidade e consequência, mas, sim os seus respetivos níveis, neste sentido Falar-se-á de:

- Nível de deficiência;
- Nível de exposição;
- Nível de probabilidade;
- Nível de consequência;

**Nível de risco:**

Com efeito, no presente método considera-se que:

- Nível de Probabilidade (NP) é em função do Nível de Deficiência (ND) e da frequência ou Nível de Exposição (NE).
- Consequentemente, o Nível de Risco (NR) é em função do Nível de Probabilidade (NP) e do Nível de Consequência (NC).

$$NP = ND \times NE \text{ e } NR = NP \times NC$$

A seguir a tabela 13 demonstra os valores para o nível de intervenção:

**Tabela 12:** Nível de Intervenção (NI) – NTP 330

| Nível de intervenção (NI) |     |  |
|---------------------------|-----|--|
| NI                        | NR  | Significado  |
| 4000-600                  | I   | Situação critica Necessidade de correcção urgente  |
| 500-150                   | II  | Corrigir e adaptar medidas de controle   |
| 120-40                    | III | Melhorar se possivel. Seria conveniente justificar a sua intervenção e a sua rentabilidade |
| 20                        | IV  | Não necessita de intervenção   |

(Belloví & Malagón, 1999)

### 3.2.2 DESMONTE

**Risco nº 2 – Soterramento/ Desmoronamento** – Estado do Talude que pode apresentar instabilidade (pedras soltas após vários processos de detonação) e que pode atingir trabalhadores que estão no local de trabalho ou de passagem pelo local conforme figura 9.

- Geralmente desempenhada por 2 trabalhadores;
- Executado várias vezes ao dia de forma não contínua;
- Não foi evidenciado nenhum sistema de Controlo e Prevenção.



**Figura 9:** Soterramento/ Desmoronamento

**Risco nº 7 - Esmagamento** - Início do processo e ajuste do furo para a perfuração com trabalhadores próximos para o monitoramento e controle do processo conforme figura 10.

- Geralmente desempenhada por 1 trabalhador;
- Ocorre de 1 a 2 vezes por semana;
- Um sistema de gestão e prevenção está implementado, mas não foi evidenciado a sua funcionalidade.



**Figura 10:** Risco nº 2 – Esmagamento

As rochas são constituídas por grãos minerais sólidos interligados e por discontinuidades ou vazios existentes entre esses grãos. As propriedades da matriz rochosa dependem das características destes grãos (mineralogia), sendo muito influenciadas pelo tamanho e arranjo espacial dos grãos minerais (estrutura ou textura da rocha) e também pela forma de quantidade e distribuição das discontinuidades ou vazios.

A determinação da composição mineralógica das rochas conduz, juntamente com a sua textura, tamanho dos grãos, cor, e outras propriedades, à sua classificação geológica.

### 3.3 Propriedades das Rochas

#### 3.3.1 Porosidade

A discontinuidade representam os defeitos ou vazios existentes no meio contínuo formado pelos minerais constituintes da matriz rochosa. A presença e o desenvolvimento destes vazios estão estreitamente relacionados com a deformação e a rupturas das rochas.

A quantidade de vazios é avaliada pela porosidade (P) que é a razão entre o volume do vazio ( $v$ ) de uma amostra de rocha e o volume total ( $\epsilon$ ).

$$P = \frac{v}{\epsilon} \times 100\%$$

A porosidade é normalmente expressa em percentagem considerando-se para as rochas 10% como um valor médio, 5% um valor baixo e 15% um valor alto. Os vazios são constituídos pelos poros e fissuras das rochas e não estão necessariamente todos interligados. Por esta razão, são por vezes definidos dois tipos de porosidade para as

rochas: A total e a efectiva esta última correspondente ao volume de vazios acessíveis a passagem de fluidos, normalmente a água.

A uma escala maior, para os maciços rochosos, podemos ainda distinguir a porosidade primária correspondente ao volume dos poros entre os fragmentos das rochas clássicas e porosidade secundaria produzida pela fraturação e alteração posterior da rocha.

A primeira característica de toda massa rochosa e a segunda depende da história de alteração da rocha, podendo variar muito dependendo do mesmo.

**Tabela 13:** Valores da porosidade de solos e rochas

| <b>Tipos de Rochas ou Solos</b> | <b>Porosidade Máxima (%)</b> |
|---------------------------------|------------------------------|
| <b>Solo</b>                     | > 50                         |
| <b>Areia e seixo argilas</b>    | 20-47                        |
| <b>Argila</b>                   | > 49                         |
| <b>Areia Cimentada</b>          | 5-25                         |
| <b>Arenito</b>                  | 10-15                        |
| <b>Carcário e Marmore</b>       | 5                            |
| <b>Calcário Olítico</b>         | 10                           |
| <b>Cré</b>                      | Até 50                       |
| <b>Rochas Ígneas</b>            | < 1,5                        |
| <b>Rocha Magmática</b>          | Geralmente baixa             |

**Fonte:** Mecânica das rochas-Lisboa 2021

### 3.3.2 Peso Volumétrico das Rochas

O cálculo do peso volumétrico das rochas foi feito com base nos resultados decorrentes dos ensaios dos espécimes de rochas, recolhidos dos testemunhos de sondagem com intervalos de 5-10m.

No total, para determinar o peso volumétrico ( $\gamma$ ), foram realizadas 1649 medições nos espécimes recolhidos nas amostras de sondagem, das quais 1193 medições nos espécimes das amostras de testemunho, incluídos na avaliação das reservas do jazigo. Todos eles foram utilizados para a determinação da densidade das rochas nos blocos geológicos, do corpo mineralizado. Em simultâneo com a recolha dos espécimes para a determinação do peso volumétrico, a partir do testemunho, tomavam-se espécimes para os ensaios da resistência à compressão uniaxial.

Assim, para a maioria dos intervalos de testemunho recuperado, foram obtidas as características quer da resistência quer da densidade das rochas diamantíferas. Os respectivos resultados de determinação do peso volumétrico e resistências do minério por blocos.

**Tabela 14:** Cálculo dos valores médios do peso volumétrico ( $\gamma$ ) e resistência à compressão ( $\sigma_c$ ) dos kimberlitos da chaminé de Catoca, por blocos geológicos.

| Nome dos Blocos                      | Peso volumétrico, $t/m^3$ |                          |             | Resistência à compressão ( $\sigma_c$ ), MPa |                          |             |
|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------|--|--------------------------|-------------|
|                                      | Qtd. De medições          | Soma dos valores medidos | Valor médio | Qtd. De medições                             | Soma dos valores medidos | Valor médio |
| <b>1B-4B</b>                         | 280                       | 569,19                   | 2,033       | 274  | 149,1                    | 5,45        |
|                                      | 191                       | 386,76                   | 2,025       | 188  | 1107,3                   | 5,45        |
|                                      | 243                       | 505,92                   | 2,082       | 239  | 1480,7                   | 6,20        |
|                                      | 108                       | 224,37                   | 2,071       | 44   | 216,6                    | 5,82        |
| <b>5C<sub>1</sub>-7C<sub>1</sub></b> | 45                        | 93,17                    | 2,071       | 44   | 216,6                    | 4,92        |
|                                      | 68                        | 143,89                   | 2,116       | 63   | 327,2                    | 5,19        |
|                                      | 170                       | 378,78                   | 2,228       | 163  | 1553,3                   | 9,53        |
| <b>8C<sub>1</sub>- C<sub>1</sub></b> | 68                        | 159,44                   | 2,345       | 68   | 1092,5                   | 16,07       |

A actividade no sector da mineração é uma fonte para o desenvolvimento socioeconómico, mediante a sua participação na balança comercial. Todavia, como em qualquer outra

actividade económica apresenta alguns entraves para o meio ambiente. A quantidade de impactos ambientais adversos, os riscos de acidentes e de doenças profissionais, é gerada no desenvolvimento destas actividades significativas. Portanto tais riscos devem ser antecipados, reconhecidos, avaliados e controlados.

O desmorte da rocha com a utilização de explosivos quando executado sem reconhecer os riscos, pode provocar acidentes aos trabalhadores e a pessoas alheias a esta actividade. As lesões ocasionadas em pessoas alheias a actividade de detonação é ocasionada principalmente pelo efeito sobre pressão e ultra lançamento de rochas. Quando se trata de acidentes em área de detonação, os danos muitas vezes são irreparáveis.

Boa parte dos acidentes com trabalhadores no momento da detonação são fatais e com relação ao património empresarial geram perdas significativas. Quando houver risco de acidentes com explosivos e projeção de materiais, é necessário adopção de medidas correspondentes, visando a segurança e a saúde dos trabalhadores.

O aumento dos postos de trabalho na indústria da mineração atrelado há uma má política de gerenciamento de riscos, pode gerar um aumento de quantidade de acidentes de trabalho, principalmente quando não se fomenta uma cultura de prevenção e segurança do trabalho nas empresas. Os trabalhadores de mineração estão expostos a alguns riscos de acidentes inerentes a escavação de rochas com explosivos. Estes riscos devem ser controlados para que a probabilidade de ocorrer acidentes seja mínima. Um ambiente com risco controlado e quando se tem agentes agressivos ao homem, meio ambiente e equipamentos quantificados e controlados em um nível de segurança adequado. Para isso, é importante que se tenha uma sequência de procedimento de segurança nos locais de detonação. A utilização de ferramentas de gerenciamento de riscos simplificados pode se mostrar eficazes na identificação e controlo de riscos.

### **3.4 Perfurações das Rochas**

A perfuração: É uma operação importante no ciclo produtivo das minerações tanto a céu aberto quanto subterrânea, por essa razão os inumeros fornecedores de perfuratrizes de rocha esforçam - se continuamente para produzir equipamentos cada vez mais eficientes e associados aos menores custos de capital e de operação.

Em catoca as perfuratrizes usadas para os furos dos poços são as rotas percurssivas ou também conhecidas como roto-pneumática e faz o trabalho por meio de um martelo,

procedimento de perfuração ocorre através da alta frequência, para que a broca consiga triturar e desgastar a rocha enquanto tem o movimento rotacional.

### **3.4.1 Substâncias Explosivas**

Substâncias explosivas: são compostos químicos ou misturas de produtos químicos que podem produzir efeitos explosivos ou pirotécnicos.

Efeitos explosivos é a libertação em velocidade de grandes quantidades de energia no ambiente sob a forma de gases a alta temperatura e pressão elevada, em resultado de uma reacção química na ausência de oxigénio.

### **3.4.2 Tipos de explosivos**

Dos tipos de explosivos que existe destacaremos os seguintes: Anfo, Amonita e Rioflex.

**Anfo** : é um tipo de explosivo seguro e fácil usado para fazer desmonte é barato e potente, pois conduz a economia importantes;

**Amonita** : é um tipo de explosivo de baixa intensidade que fornece um notável aumento de energia, quando comparado ao anfo convencional, este facto é ideal para ser usado como carga da coluna em rochas duras.

**Rioflex** : representa a última tecnologia no campo dos explosivos bombiáveis para grandes detonações de superfícies. Não é sensível ao detonador, é um agente do tipo granel a sua aplicação é multiplicador de um explosivo, proporciona um bom manuseamento de regime de detonação.

### **3.5 Acessórios de explosivos**

Os acessórios de explosivo usados na sociedade mineira de catoca são:

**Detonador:** É um equipamento responsável pela detonação de explosivos. A catoca possui detonadores de 10 m, 12m, 15m e 25 m os de maior frequência são os de 15 m e 25 m que possuem uma velocidade de fogo de 500 m/s;

**Lead – in – line:** É sistema em bobine, de tubo de choque para a iniciação de desmontes. É usado para servir de extensão para os sistemas não eléctricos. Em catoca são usados lead – in – line de 10 m à 500 m com uma velocidade de fogo de 90 m/s;

**Cordel detonante:** É um cordel flexível com um núcleo de material explosivos, resistente a água e é utilizado para iniciação de cargas explosivos de 100 á 150m/s;

**Retardadores:** São utilizados com o intuito de retardar, ou se possível eliminar a propagação de chamas. Em catoca são usados retardadores de 8 m e 10 m, com uma velocidade de fogo de 42 m/s e 67m/s;

**Rastilho:** É um fio embebido de pólvora usado para comunicar o fogo de uma ponta a outra. Em catoca é usado rastilho de 3 m a sua velocidade de fogo é de 15 m/s;

**Trojan Booster:** É um dispositivo com plástico que tem a função de amplificar ondas de choque para dar início a explosão. Em catoca são usados booster s de 400g e 800g.

### **3.6 - Riscos ocupacionais nas actividades de detonação**

Na actividade de detonação são identificados os seguintes riscos ocupacionais: Riscos operacionais, comportamentais e ambientais. Considera-se risco ocupacional a possibilidade de um trabalhador sofrer um determinado dano devido ao seu trabalho.

Neste trabalho foi denominada a planificação e implementação do sistema de gestão de riscos na área de detonação.

Os procedimentos prévios de segurança para controle dos riscos operacionais, comportamentais e ambientais são fundamentais para que a operação de detonação ocorra com segurança.

### **3.7- Gerenciamento de risco**

As empresas empregam a política de segurança do trabalho em seus diversos sectores para atender a legislação, e principalmente pela busca de resultados económicos positivos a partir da diminuição, de acidentes de trabalho.

É necessário incorporar conceitos económicos no gerenciamento de riscos para que as empresas valorizem a segurança do trabalho e uma definição de gerenciamento de riscos relacionada a área económica é a de Cicco e Fantazzini (1994, p.7), que define a gerência de riscos como sendo a ciência, a arte e a função que visa a protecção dos recursos humanos, materiais e financeiros de uma empresa, quer através da limitação ou redução de seus riscos remanescentes, conforme seja economicamente viável.

O gerenciamento de riscos é imprescindível em áreas de detonação devido à quantidade de riscos que se pode identificar tanto na perfuração de rochas em bancadas, quanto na detonação dos explosivos. Os riscos são classificados como físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes.

Na perfuração de rochas, os agentes de riscos são: ruído, poeira, quedas, calor, postura inadequada, vibração e incêndio. No carregamento de explosivos em bancadas, podem-se

observar os seguintes agentes de riscos: poeira, quedas, calor, postura inadequada, acidentes e incêndio.

Na tabela 16, podem ser observados os principais riscos identificados em áreas de perfuração e desmonte de rochas com explosivos para produção de rocha britada.

Tabela 15: Principais riscos envolvidos nas actividades da mina de catoca

| <b>Riscos Avaliados por Actividade,</b>       |               |              |               |                 |              |                  |                 |                 |
|---|---------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Na mina de catoca</b>                      | <b>Poeira</b> | <b>Ruído</b> | <b>Quedas</b> | <b>Acidente</b> | <b>Calor</b> | <b>Ergonomia</b> | <b>Vibração</b> | <b>Incêndio</b> |
| <b>Perfuração da bancada</b>                  | x             | x            | x             | x               | x            | x                | x               | x               |
| <b>Carregamento de explosivos e detonação</b> | x             |              | x             | x               | x            | x                |                 | x               |
| <b>Carregamento e transporte de rocha</b>     | x             | x            |               | x               | x            | x                | x               | x               |
| <b>Britamento e peneiramento</b>              | x             | x            |               | x               | x            | x                | x               | x               |

Fonte: Ranieri de Araujo Pereira e Maria Betânia Gama Santos

Angola regista um grande défice de dados e estatísticas referentes a sinistralidades na indústria mineira. No entanto algumas projeções e dados são fornecidos, nomeadamente na inspecção geral do trabalho (IGT), Instituto Nacional de estatística de Angola (INE) e Centro de segurança e saúde no trabalho (CSST). Com base na falta de dados completos e informações sobre a actual situação em Angola as estatísticas de acidentes de trabalho na indústria mineira serão baseadas também a nível europeu em Portugal.

As Normas Regulamentadoras de Mineração – NRM tem por objectivo disciplinar o aproveitamento racional e tecnológico das jazidas, considerando-se as condições técnicas e tecnológicas de operação, de segurança e de protecção ao meio ambiente, de forma a tornar o planeamento e o desenvolvimento da actividade mineira compatível com a busca permanente da produtividade, de preservação ambiental, da segurança e saúde dos trabalhadores.

A mesma norma estabelece que o empregador deve elaborar e implementar o programa de gerenciamento de riscos (PGR) e que o programa deve contemplar os aspectos das Normas Reguladoras da Mineração (NRM), incluindo no mínimo os relacionados a:

- a) Riscos Físicos, Químicos e Biológicos;

- b) Atmosfera Explosivas;
- c) Deficiência do oxigénio;
- d) Ventilação;
- e) Protecção respiratória, de acordo com a instrução normativa nº 1 de 11/04/94, da secretaria de segurança e saúde no trabalho;
- f) Investigação e análise de acidentes do trabalho;
- g) Ergonomia e organização do trabalho;
- h) Riscos decorrentes do trabalho em altura, em profundidade e em espaços confinados;
- i) Riscos decorrentes da utilização de energia eléctrica, máquinas, equipamentos, veículos e trabalhos manuais;
- j) Equipamento de protecção individual de uso obrigatório, observando-se no mínimo constante na norma reguladora nº 6 de que trata da portaria nº 3.214, de Junho de 1978, do ministério do trabalho e emprego;
- k) Estabilidade do maciço;
- l) Plano de emergência e
- m) Outros resultantes de modificações e introduções de novas tecnologias.

Além destes aspectos, o programa de gerenciamento de riscos – PGR deve conter as seguintes etapas:

- a) Antecipação e identificação de factores de riscos, levando-se em conta, inclusive as informações do mapa de riscos elaborados pela comissão interna de prevenção de acidentes na mineração – CIPAMIN, quando houver;
- b) Avaliação dos factores de riscos e da exposição dos trabalhadores;
- c) Estabelecimento de prioridades, metas e cronograma;
- d) Acompanhamento das medidas de controlo implementadas;
- e) Monitorização da exposição aos factores de riscos;
- f) Registo e manutenção dos dados por no mínimo vinte anos e
- g) Avaliação periódica do programa.

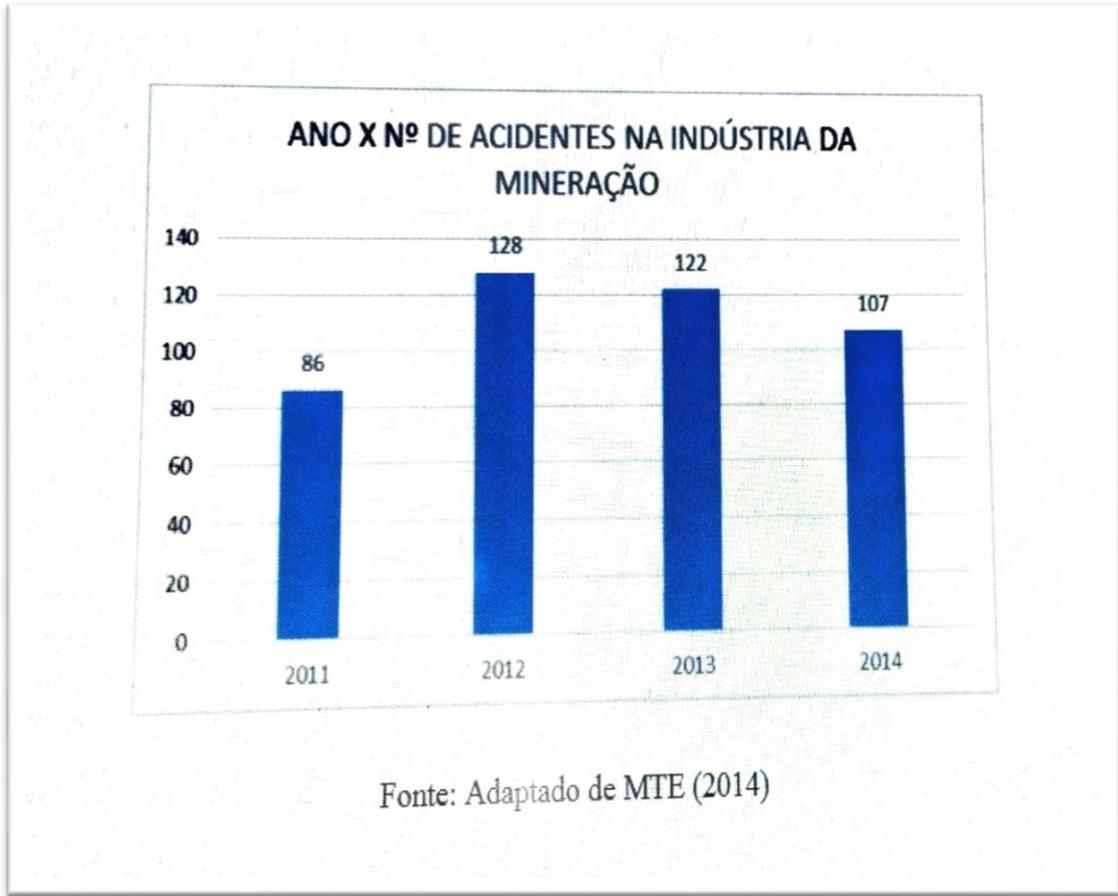
Desta maneira, identificar e controlar os riscos são procedimentos imprescindíveis para prevenção de acidentes e para o programa de gerenciamento de Riscos – PGR. Portanto, além das normas reguladoras do ministério do trabalho e emprego a mineração possui legislação específica com normas que contemplam a segurança do trabalho.

Tendo por referência o grau de risco estabelecido na norma regulamentadora do ministério do trabalho e emprego (TEM, 2008), a actividade mineira tem grau de risco quatro (4) de acordo com a iramina (2008), que tomou por base trabalhos de diversos autores, foram identificados os principais riscos aos quais os trabalhadores estão expostos a uma mineração como a de catoca. São eles:

- ✓ **Poeira sílica:** Pode provocar a silicose, principal doença pulmonar é uma das maiores preocupações das entidades profissionais;
- ✓ **Ruído:** A exposição a nível elevado sem devida protecção pode causar perdas auditivas irreversíveis;
- ✓ **Incêndio e explosões:** Associados a lubrificantes, explosivos e outras matérias combustíveis tem como consequência, perdas matérias e morte de um ou mais trabalhadores;
- ✓ **Estabilidade do talude:** Bloco de rochas podem se desprender dos taludes e atingir veículos e trabalhadores no local;
- ✓ **Quedas:** o trabalhador em bancadas com altura de 10 á 20 metros expõe o trabalhador a possíveis quedas durante sua actividade.

Mediante consulta no site do Ministério do trabalho e Emprego os dados de segurança e saúde dos trabalhos coletados por auditores do trabalho, observou-se que houve um aumento no número de acidentes na indústria mineral entre os anos de 2011 á 2013 no acumulado dos meses de janeiro à agosto de 2014. Em termos estatísticos, observou-se que no ano de 2011 para o ano seguinte, houve um aumento de acidente de trabalho na indústria mineral que chegou a 48,83%. E se a comparação for feita entre os anos de 2011 e 2013, o aumento em relação a 2011 foi de 29,5%. Observou- se que houve redução de 4,68% no número de acidentes de 2012 para 2013. Todavia não foi uma redução significativa em relação ao aumento de 2011 para 2012.

No acúmulo do ano de 2014, conforme pode ser visto no gráfico 02, houve 107 acidentes analisados e uma redução a 2013 de 12,3%.



**Gráfico 2:** Número de acidentes na mina 2011 à 2014

Segundo Iramina (2008) acidentes gerais: Podem acontecer com trabalhadores ao lidarem com movimentação de máquinas, elementos móveis (correias), pisos escorregadinhos ou irregulares, produtos e ferramentas durante todo período de trabalho. Cortes e esmagamentos de membros também podem ocorrer em determinadas actividades. Inclui contactos com produtos químicos, principalmente na pele e nos olhos podendo causar queimaduras e cegueira. Fragmentos de rochas podem atingir trabalhadores devido a instabilidade dos taludes;

- Ergonómicos: Presentes na maioria das actividades. As lesões são causas por má postura e repetição de movimentos, além dos esforços excessivos no uso de equipamentos pesados;
- Calor: A exposição do trabalhador ao sol pode levar ao estresse térmico, queimaduras, desidratação, etc.
- Vibração mecânica: A exposição prolongada pode provocar problemas vasculares, neurológicos, musculares e articulares;

### 3.7.1 - Análise preliminar de riscos

A análise preliminar de riscos (APR): é uma técnica de identificação de perigos e análise de riscos que consiste em identificar situações que podem causar um acidente e assim estabelecer medidas de controle para eliminar o perigo ou reduzir o risco (CARDELLA, 1999).

Por ser preliminar a mesma antecede o objecto em estudo e pode ser utilizado principalmente em procedimentos operacionais simulares ou que já tenham ocorrido anteriormente.

De acordo com a metodologia de APR, os cenários de acidentes devem ser classificados sem categorias de frequência, as quais fornecem uma indicação qualitativa de frequência esperada de ocorrência para uns cenários identificados. No quadro 17 podem ser observadas as categorias de frequência em uso actualmente para realização de APR.

**Tabela 16:** Categoria de frequência dos cenários

| <b>Categoria</b> | <b>Denominação</b>         | <b>Faixa de Frequência<br/>(anual)</b> | <b>Descrição</b>  |
|------------------|----------------------------|--|---|
| <b>A</b>         | <b>EXTREMAMENTE REMOTA</b> | $F < 10^{-4}$                          | Conceitualmente possível, mas extremamente de ocorrer durante a vida útil do processo / instalação. |
| <b>B</b>         | <b>REMOTA</b>              | $10^{-4} < F < 10^{-3}$                | Não esperado ocorrer durante a vida útil do processo / instalação.                                  |
| <b>C</b>         | <b>IMPROVÁVEL</b>          | $10^{-3} < f < 10^{-2}$                | Pouco provável de ocorrer durante a vida útil do processo / instalação                              |
| <b>D</b>         | <b>PROVÁVEL</b>            | $10^{-2} < f < 10^{-1}$                | Esperado ocorrer uma vez durante a vida útil do processo / instalação                               |
| <b>E</b>         | <b>FREQUÊNTE</b>           | $F < 10^{-1}$                          | Esperado de ocorrer várias vezes durante a vida do processo / instalação                            |

**Fonte:** Ranieri de Araújo Pereira e Maria Betânia Gama Santos, (2009)

**Tabela 17:** Categoria de Severidade dos perigos identificados

| <b>Categoria</b> | <b>Denominação</b> | <b>Descrição</b>  |
|------------------|--------------------|---|
| I                | DESPREZIVÉL        | <p>a) Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos a propriedades e ao meio ambiente.</p> <p>b) Não ocorrem lesões / morte de funcionários, de terceiros (não funcionários) ou a pessoas (individuais e comunidades), o máximo que podem ocorrer são casos de primeiros socorros e tratamento médio menor;</p> |
| II               | MARGINAL           | <p>a) Danos leves aos equipamentos, a propriedade e meio ambiente (os danos matérias são controláveis e de baixo custo de reparo);</p> <p>b) Lesões leves em empregados, prestadores de serviços e membro da comunidade;</p>  |
| III              | CRITICA            | <p>a) Danos severos aos equipamentos a propriedade e ao meio ambiente;</p> <p>b) Lesões de gravidade moderada aos empregados, prestadores de serviço e membros da comunidade (probabilidade remota de morte);</p> <p>c) Exige acções correctivas imediatas para evitar seu desdobramento em catastrófico;</p>         |
| IV               | CATASTROFICA       | <p>a) Danos irreparáveis aos equipamentos, a propriedade e ao meio ambiente (recuperação lenta ou impossível);</p> <p>b) Provoca mortes ou lesões graves vários pessoas (empregados, prestadores de serviços ou em membros da comunidade).</p>  |

**Fonte:**Ranieri de Araújo Pereira e Maria Betânia Gama Santos (2009)

Para se chegar ao nível de riscos, utiliza-se uma matriz incluindo a frequência e a severidade dos eventos indesejáveis conforme tabela 19 e 20 de severidade e de Frequência.

**Tabela 18:** Matriz de classificação de Riscos – Frequência x severidade

| <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>2</b> | 3        | 4        | 5        | 5        |
| <b>1</b> | 2        | 3        | 4        | 5        |
| <b>1</b> | 1        | 2        | 3        | 4        |
| <b>1</b> | 1        | 1        | 2        | 3        |

Fonte: Rnie de Araujo Pereira e Maria Gama Santos (2009)

**Tabela 19 :**Característica de severidade dos perigos identificados

| <b>Severidade</b> | <b>Frequência</b>       | <b>Risco</b>   |
|-------------------|-------------------------|----------------|
| <b>I</b>          | A - Extremamente Remota | 1. DESPREZIVEL |
| <b>II</b>         | B – Remota              | 2. MENOR       |
| <b>III</b>        | C – Improvável          | 3. MODERADO    |
| <b>IV</b>         | D – Provável            | 4. SÉRIO       |

Fonte: Ranieri de Araújo Pereira e Maria Betânia Gama Santos

Algumas etapas básicas para elaboração da APR foram identificadas por de Cicco Fantazzini (1994):

Rever problemas conhecidos. Revisar experiência passada ou utilizar como base de sistemas similares;

- a) Detalhar o objecto em estudo, descrevendo as frases de execução ou etapa operacional;
- b) Para cada frase devem-se determinar os riscos com o potencial para causar directa ou indirectamente lesões.
- c) Estabelecer medidas de controlo de risco.

## CAPITULO IV: PLANEAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTAO DE RISCO NO PROCESSO DE DETONAÇÃO

### 4.1– Gestão do Risco

A gestão de risco de acordo com a ISO 31000:2018 é uma ferramenta que auxilia a organização na definição das medidas, melhora o desempenho, incentiva a inovação e consecução dos objectivos e tomadas de decisões, sendo a sua maior finalidade a criação e protecção de valor (ISO, 2018).

Para uma melhoria do sistema de gestão em uma organização a gestão do risco é fundamental e actuar diretamente na administração de todos os sectores. Comportamento humano, factores culturais, influência externa e interna é considerada na gestão do risco (ISO, 2018).

A gestão do risco é baseada em três componentes que são: princípio, estrutura e processo que podem ser adaptado ao sistema organizacional da entidade fazendo com que a gestão do risco seja consistente, eficiente e efectivo (ISO, 2018).

#### PRINCÍPIO

O princípio em uma gestão do risco é a base de uma organização e deve permitir a administração dos efeitos da incerteza nos seus objectivos. Conforme demonstrado na figura 11, os princípios fornecem orientações sobre os aspectos da gestão do risco de forma eficiente, transmitindo seu valor e expondo sua intenção e objectivo (ISO, 2018).



**Figura 11:** Princípios da gestão do risco

(Norma NP ISO 31000: 2018)

Os princípios de gestão de riscos são divididos das seguintes formas (ISO, 2018):

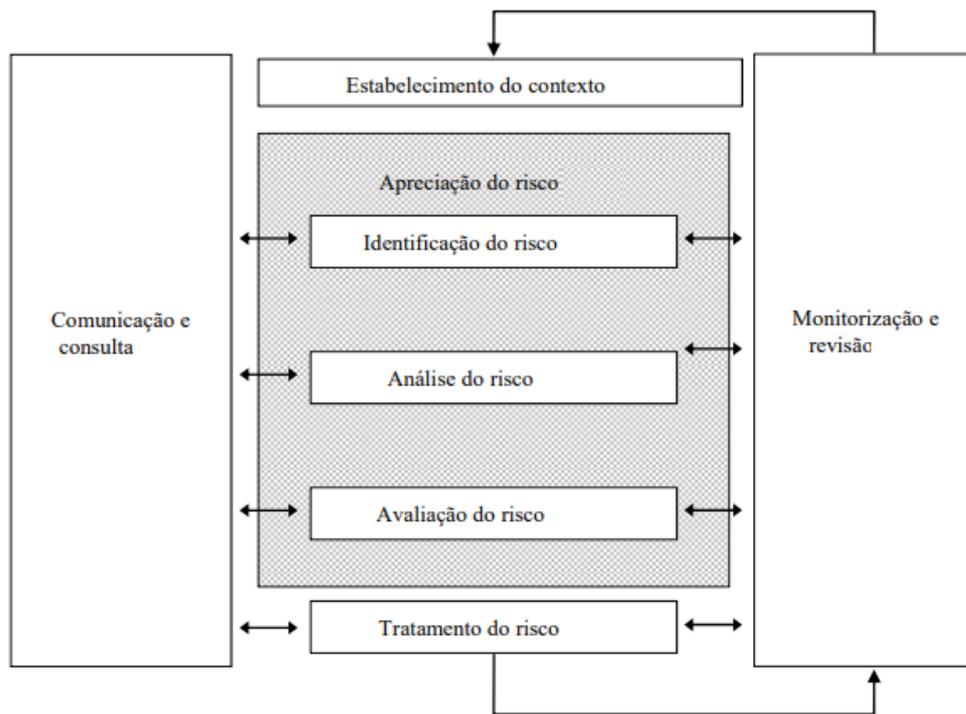
#### ❖ **Integrada**

A gestão do risco é integrada em todas as actividades da entidade organizacional.

- ❖ **Estrutura e abrangente**
  - Para obter resultados sólidos e comparáveis a gestão de risco deve ser estruturada e abrangente.
- ❖ **Personalizada**
  - A gestão do risco deve ser personalizada, considerando os contextos internos e externos da organização, bem como seus objectivos.
- ❖ **Inclusiva**
  - A integração e envolvimento das partes interessadas na gestão do risco resultam uma compreensão e visão de todo o processo, fazendo a gestão do risco ser mais consciencializada e informada.
- ❖ **Dinâmica**
  - A dinâmica em que o risco pode mudar, aparecer ou até mesmo desaparecer depende de vários factores em uma organização. A gestão do risco reconhece essas mudanças, antecipando eventos de modo adequado e conveniente.
- ❖ **Melhor informação disponível**
  - Informações sobre o histórico, limitações e incertezas são entradas para a gestão do risco. A clareza das informações e disponibilidade são essenciais para as partes interessadas.
- ❖ **Factores humanos e culturais**
  - Factores humanos e culturais são influenciáveis em todos os níveis da gestão do risco.
- ❖ **Melhoria contínua**
  - A gestão do risco é constantemente melhorada à medida que adquire experiência e aprendizagem.

## 4.2 PROCESSO

- O processo de gestão de risco deverá incorporar a gestão de risco conforme figura 12, idealizado.
- Para os processos de negócios organizacionais e integrado a cultura é prática dos mesmos. A apreciação do risco é o principal objectivo dessa dissertação de acordo com a norma ISO 31000: 2018.



**Figura 12:** Processo de Gestão do Risco

**Fonte:** (adaptado da Norma NP ISO 31000: 2018)

### 4.3 ESTRUTURA

A estrutura tem como objectivo a integração da gestão de risco em todos os níveis da organização. A eficiência da gestão do risco está diretamente ligada na interação da organização, incluindo a tomada de decisões que necessitam de apoio dos mais altos níveis da hierarquia da organização (ISO, 2018).

O desenvolvimento da estrutura engloba: Integração, *design*, implementação, avaliação e melhoria da gestão do risco conforme demonstrado na figura 13 (ISO, 2018).



**Figura 13:** Estrutura da gestão do risco

(Norma NP ISO 31000: 2018).

## **Liderança e compromisso**

- Tem como principal função gerir o risco e certificar que a gestão do risco é integrada em todas os níveis da organização.

### **❖ Integração**

- A integração da gestão do risco baseia-se em uma compreensão da estrutura e de todo o contexto operacional.

### **❖ Design**

- No *design* a organização deve analisar e compreender seu contexto externo e interno. Nela inclui articular o compromisso permanente da gestão do risco mediante a uma política na organização, atribuir funções e responsabilidades na organização, alocar recursos necessário para a gestão do risco e estabelecer uma comunicação e consulta.

### **❖ Implementação**

- A implementação requer o compromisso e a conscientização de todos os envolvidos, incluindo a tomada de decisões e as mudanças nos contextos externos e internos.

### **❖ Avaliação**

- A avaliação se torna eficaz ao medir periodicamente o desempenho e indicadores na estrutura da gestão do risco é determinar se a gestão do risco ainda é adequada com o objectivo da organização.

### **❖ Melhoria**

A organização deve se adequar constantemente com a estrutura da gestão em função das mudanças internas e externas para aplicar melhorias relevantes na estrutura da gestão do risco e como é integrada a gestão do risco.

## **4.4 Processo de segurança antes e durante a detonação**

Todas as pessoas que não estão envolvidos directamente no processo de detonação são deslocadas a uma distância segura mínima de 600 metros, e as estradas que ligam as proximidades da unidade de mineração, são interditas.

A figura 14 mostra o procedimento de interdição à passagem de veículos, nas vias principais de acesso a mina, com os automóveis parados e aguardando a sua liberação, que ocorrerá após o desmonte da bancada da mina mediante o comunicado do responsável pelo desmonte.



**Figura 14:** Interdição da via de acesso.

**Fonte:** Vânio Silva Filho, 2014

Na figura 15 mostra o procedimento de segurança antes e durante a detonação. Detalhe a interdição da via de acesso principal a mina, com a bancada a ser detonada, aos fundos da estrada.



**Figura 15:** vias de acesso

Todas as proximidades de 600 metros são sinalizadas com placas de advertência e bandeiras de aviso, impedindo o acesso. A sinalização é muito intensa no processo de desmonte.

A sirene de aviso é ligada 30, 15 e 3 minutos antes da detonação. Após o fim da detonação, somente os profissionais autorizados se dirigem até a área para liberarem o local para o acesso.

#### **4.4.1 – Processo de segurança após a detonação**

A área somente é liberada após averiguação do local pelos profissionais habilitados, e confirmação de que está segura para voltar das actividades productivas. Também são observadas as rachaduras decorrentes da detonação dos explosivos, nas bancadas de acesso, as quais poderão se desprender e cair em blocos devido a detonação conforme é visto na figura 16.



**Figura 16:** Rachaduras na face livre da bancada.

**Fonte:** Vânio e Silva Filho, 2014.

O desmonte de rocha é a técnica de escavação mais ampla adotadas em vários ramos da indústria mineira e de construção civil, pois é econômica confiável e segura.

O explosivo é carregado em furos na rocha e detonado de acordo com uma sequência preestabelecida, tem a função de fraturar, fragmentar e deslocar uma parte bem definida de rocha.

Devido à alta temperatura de detonação o volume atingido pelo explosivo pode chegar aproximadamente 18000 vezes o seu volume inicial. Após a detonação, uma onda de choque percorre a rocha com uma velocidade de 3000 a 5000 m/s (BRITANITE 2015).

#### **4.5 – Carregamentos de explosivos**

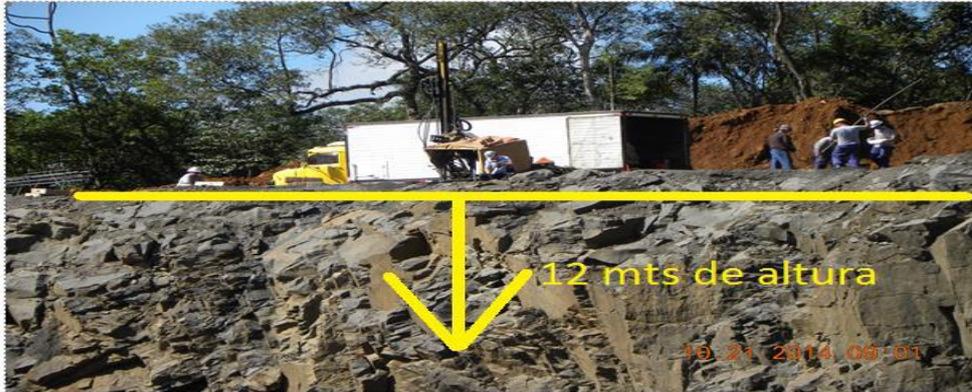
Carregamento de explosivos nas perfurações deve ser feita de forma muito cuidadosa, pois além dos riscos inerentes ao manuseio, dela depende também da eficiência do fogo. Um carregamento mal conduzido poderá comprometer os resultados das detonações de uma bancada, ocorridas às vezes a não explosão de cartuchos, facto que representará um notável risco em todas as operações subsequentes, se não for detectado, localizado e selecionado a tempo (RICARDO, P592, 1990).

Nas perfurações de rochas fraturadas são necessários cuidados para evitar concentrações de explosivos nas falhas provocadas pelo adensamento, porque o resultado poderá acarretar em um arremesso de material detonado para além dos limites de segurança.

Após a conclusão dos trabalhos de perfuração da rocha, ou seja, o término de execução do plano de fogo adoptado, inicia-se o processo de enchimento de furos com explosivos. Cada furo é preenchido com os acessórios iniciadores, que fazem início do processo. Nesta

etapa, todo e qualquer procedimento é considerado extremamente delicado, devendo ser executado com muito cuidado.

Por conseguinte, a segurança deve ser intensa, e executada dentro do que estabelece a norma. A figura 17 mostra o processo do carregamento dos furos prontos em uma bancada da mina.



**Figura 17:** Processo de carregamento de explosivo.

Fonte: Vânio e Silva 2014

A figura 17 mostra os envolvidos no processo trabalhando próximo a extremidade da bancada, que tem uma altura de 12 metros, sem algum tipo de protecção no carregamento de explosivos na bancada da mina a céu aberto. Ao equipamento de perfuração e ao caminhão com a carga explosiva, aos fundos. À direita, técnicos especializados realizam o carregamento dos furos.

É obrigatório a instalação de protecção colectiva onde houver risco de quedas de trabalhadores ou de protecção e materiais.

Figura 18 mostra o momento do preenchimento dos furos com explosivos, onde percebe – se que os técnicos mantêm toda atenção ao processo de carregamento. Detalhe aos cuidados de colocação de cartuchos (tipo impulsão), introduzidos um a um, e ao acessório de detonação (na cor amarela), que irá iniciar a carga do fundo do furo.



**Figura 18:** Processo de carregamento dos explosivos nos furos da bancada.

**Fonte:** Vânio e SilvaFilho, 2014

Na figura 19 pode ser notada a proximidade do manuseio dos explosivos, com a operação de carregamento e transporte de pedras para etapa de britagem, ficando os trabalhadores expostos a protecção de partículas. Simultaneamente com as actividades de produção normais, próximo do local.



**Figura 19:** Processo de carregamento dos furos da bancada com os explosivos.

**Fonte** Vânio e Silva, 2014

O processo de detonação deve ser procedido conforme a norma estabelecida, antes do início dos trabalhos de carregamento de furos, o profissional habilitado deve verificar a existência de contenção, conforme o plano de lavra, e se todas as pessoas não envolvidas no processo, já foram retiradas do local de detonação, para que possa interditar o acesso à bancada carregada, em definitivo.

#### 4.5.1 - Plano de fogo

Plano de fogo: É o projecto executivo para realização do desmonte de rocha com o uso sistemático de explosivos, onde serão definidas e apresentadas inicialmente, o plano de perfuração, a qualificação e quantificação de explosivos, os esquemas de ligação e iniciação entre os detonados.

Um plano de fogo pode ser simples, mas complexo, devido ao risco de erro. Um profundo conhecimento e entendimento dos requisitos de um fogo são essências para a segurança e o sucesso deste plano.

Segundo (BRITANITE 2015), quando se projetam detonações com alta razão de carregamento, deve ser conhecido o risco de ultra lançamento e tomadas de acções de controlo. Os explosivos só devem ser utilizados, sob condições para as quais forem destinados (temperatura, sensibilidade à iniciação, resistência à água e pressão hidrostática, etc.).

A equipa de carregamento deve constantemente inspecionar os produtos para localizar os danos, vazamento ou anormalidade antes do carregamento.

O plano de fogo fornece os seguintes dados: Diâmetros das furações, afastamento e espaçamento entre elas, inclinação da face, altura da bancada, profundidade das furações, carga do fundo, carga da coluna e tampão (BRITANITE 2015).

**Afastamento:** é a distância da face da bancada até a linha de furos, e entre as duas linhas de furos no caso de furos sucessivos.

**Espaçamento:** é a distância entre furos sucessivos da mesma linha.

**Inclinação da face:** tem a finalidade de reduzir à sobre furação no pé da bancada, obter a economia de explosivos e torna-la, mas segura, pois o talude inclinado passa a ser, mas seguro que o vertical. Como desvantagem associa-se a maior possibilidade de desvio na direção desejada e dificuldade no embocamento do furo, reduzido à produção.

**Profundidade do furo:** é a função da altura da bancada. Não é a mesma altura, pois se recomenda efectuar uma sobrefuração, ou seja, furar além do plano da praça da bancada, evitando a formação de repe, que seria a detonação insuficiente do pé da bancada, formando uma superfície irregular inclinada, que dificulta a exploração das bancadas sucessivas (RICARDO 1990, P606).

**Carga do fundo:** é a maior concentração de explosivo no furo, que fica na parte inferior.

**Carga da coluna:** é a carga que fica acima da carga do fundo, sendo carregado após a mesma.

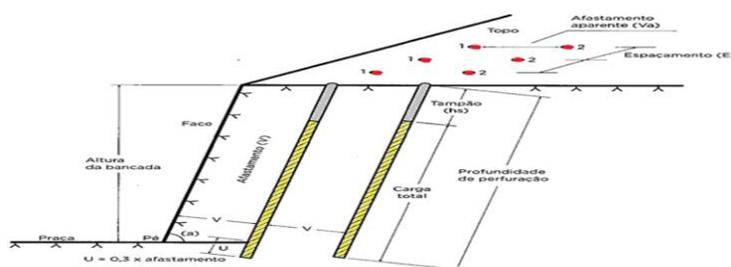
**Tampão:** é a parte superior do furo, e não é carregado com explosivo, mas sim com areia seca do pó de pedra ou argila.

Analisando, todo desmonte de rocha que faz uso de explosivos deve ser bem planejado e bem executado. Para o sucesso de um bom plano de fogo, isto é, para que um projecto de detonação esteja tecnicamente correcto, é preciso superestimar a utilização da energia de explosão, direccionando-a para fragmentação da rocha e, assim alcançar o objectivo.

O carregamento dos poços para o processo de detonação, após estarem devidamente perfurados, tendo em conta a planificação da geologia e a mineração com o apoio da topografia fazem-se as verificações das profundidades dos poços e da malha programada. Após isso é aplicado os booster s, em seguida é feita o carregamento da emulsão com a água e o nitrato de sódio.

Na época a seguir é feita a interligação dos furos por meio do cordel detonante de 1000 m ou 1500 m, a fim de garantir a segurança dos operadores.

Em catoca as malhas usadas para o gnaisse (esteril) são de 5,5 x 5,5 e para o minério são variadas.



**Figura 20:** Malhas usadas para o gnaisse

**Fonte:** Catoca, 2024

#### 4.6 - Sistemas de detonação por espoletas eletrônicas

É o primeiro sistema de iniciação eletrônica auto-programavel do mundo, desenvolvido para otimizar os resultados de desmontes. É um sistema que apresenta alto nível de segurança e praticidades durante aplicação (BRITANITE 2015).

## CAPITULO V: APRESENTAÇÃO E DISCUÇÃO DE RESULTADO

Os dados estatísticos das planilhas dos Ministérios do trabalho e Emprego foram observados nos anos de 2011 á 2014 verificou - se que o número de acidentes em mineração aumentou significativamente naquele período. Em especial nos anos de 2011 para 2012, o aumento foi de 48,83%. Todavia, houve uma redução de 12,3% em 2013 para 2014. No entanto, verifica-se que o número de fiscalização pelo ministério do trabalho e emprego ainda é relativamente pequeno para indústria de mineração.

### 5.1 Comparação dos resultados

Após a aplicação de todos os métodos de avaliações propostos nessa dissertação na matriz de risco, foi efectuado um comparativo dos resultados que se encontra no quadro a seguir.

**Tabela 20:** Comparação dos resultados

| Nº | PROCESSO   | PERIGO               | FACTOR DESENCADEADOR   | FACTOR                          | MIAR  | WTF  | NPT330 |
|----|------------|----------------------|--|---------------------------------|-------|------|--------|
| 2  | Desmorte   | Talude               | Estado do Talude que pode apresentar instabilidade (pedras soltas após varios processos de detonação) e que pode atingir trabalhadores que estão no local de trabalho ou de passagem pelo local. | Soterramento/<br>Desmoronamento | 3072  | 1200 | I      |
| 7  | Desmorte   | Carro de perfuração  | Início do processo e ajuste do furo para a perfuração com trabalhadores próximos para o monitoramento e controlo do processo.  | Esmagamento                     | 1571  | 126  | I      |
| 11 | Desmorte   | Explosivos           | Carregamento/ Utilização / Manuseio de explosivos para a colocação nos furos.  | Detonação incontrolada          | 8378  | 1800 | I      |
| 19 | Transporte | Escavadora giratória | Excesso de material no balde da escavadora giratória que pode ocasionar queda de material na cabine do motorista.  | Queda de material               | 9216  | 900  | I      |
| 22 | Transporte | Dumper/ Camião       | Circulação de trabalhadores e equipamentos em simultâneo.  | Atropelamento                   | 32000 | 420  | I      |
| 25 | Transporte | Escavadora giratória | Aproximação da escavadora giratória com o dumper/camião ao   | Colisão/Impacto                 | 9216  | 420  | I      |

|    |                       |                        |   |                               |       |     |    |
|----|-----------------------|------------------------|---|-------------------------------|-------|-----|----|
|    |                       | / Dumper               | efectuar o carregamento de material.  |                               |       |     |    |
| 28 | Central de britagem   | Dumper/ Camião         | Presença de trabalhador próximo a operação de descarga de material na tolva com risco de projeção de partículas/rochas.                 | Projeção de rocha/ partículas | 51200 | 900 | I  |
| 31 | Central de britagem   | Tolva                  | Operação de manutenção e desencravamento da tolva. Ocorre de forma diária devido ao tamanho das rochas.                                 | Queda na tolva                | 4608  | 270 | I  |
| 43 | Central de britagem   | Correias e engrenagens | Correias e engrenagens da central de britagem expostas sem suas devidas proteções / Corredor e acessos livres sem a devida sinalização. | Esmagamento                   | 3072  | 420 | I  |
| 49 | Expedição de material | Pá carregadora         | Carregamento do material final para expedição.  | Colisão/Impacto               | 1047  | 90  | II |
| 50 | Expedição de material | Camião                 | Camião com excesso de material que será expedido.   | Rebentamento dos pneus        | 524   | 90  | II |

Segue a tabela 22 que apresenta a percentagem atribuída para cada nível de risco em seu respetivo método de avaliação e a comparação dos níveis apresentados na tabela abaixo

**Tabela 21:** Percentagem atribuída para cada nível de risco

|                      | MIAR | William Fine  |     | NTP 330 |     |
|----------------------|------|---------------|-----|---------|-----|
| <b>Baixo</b>         | 8%   | Baixo         | 6%  | IV      | 0%  |
| <b>Médio</b>         | 28%  | Médio         | 18% | III     | 0%  |
| <b>Elevado</b>       | 56%  | Elevado       | 4%  | II      | 10% |
| <b>Muito Elevado</b> | 6%   | Muito Elevado | 8%  | I       | 90% |
| <b>Extremo</b>       | 2%   | Extremo       | 64% |         |     |

**Risco 2 Segundo WTF** – “Soterramento/ Desmoronamento” associado ao estado do Talude que pode apresentar instabilidade (pedras soltas após vários processos de detonação) e que pode atingir trabalhadores que estão no local de trabalho ou de passagem pelo local”. Após a avaliação o parâmetro consequência foi classificado com a valorização 40, pois apresenta risco de morte como consequência e são considerados danos altos caso ocorra. Esse tipo de trabalho é efectuado várias vezes ao dia de forma não contínua. O parâmetro da probabilidade de o risco acontecer é classificado com a valorização 3, pois corresponde a uma sequência ou coincidência rara, não é expectável

que ocorra. Como resultado foi atribuído nível “*Extremo*” para o risco. O risco foi justificado para as ações corretivas.

**Risco 2 Segundo NTP 330** - “*Soterramento/ Desmoronamento*” associado ao estado do Talude que pode apresentar instabilidade (pedras soltas após vários processos de detonação) e que pode atingir trabalhadores que estão no local de trabalho ou de passagem pelo local”. O nível de deficiência é considerado muito deficiente e atribuído a valorização 10, pois existe factores de risco significativo para essa actividade. O nível de exposição é classificado como frequente. O nível de probabilidade que é obtido em função do nível de deficiência e o nível de exposição foi classificado como “*Muito Alto*”. Para o nível de consequência foi atribuído a valorização máxima (100) pois existe o risco de morte na actividade. Como resultado foi atribuído nível “*P*” para o risco.

**Risco 2 Segundo MIAR** - “*Soterramento/ Desmoronamento*” associado ao estado do Talude que pode apresentar instabilidade (pedras soltas após vários processos de detonação) e que pode atingir trabalhadores que estão no local de trabalho ou de passagem pelo local”. Após a avaliação o parâmetro gravidade foi classificado com a valorização mais alta (16), pois apresenta risco de morte como consequência.

---

**Risco 11 Segundo MIAR** – “*Detonação incontrolada*”- “*Carregamento/ Utilização / Manuseio de explosivos para a colocação nos furos*”. Após a avaliação o parâmetro gravidade foi classificado com a valorização mais alta (16), pois apresenta risco de morte. A colocação dos explosivos nos furos do desmonte gera um risco de detonação incontrolada caso as técnicas de manuseio não sejam cumpridas. Foi atribuído a valorização 4 para a extensão do impacto pois a actividade é realizada por 4 trabalhadores. Esse tipo de trabalho é efectuado de 1 a 2 vezes por semana. O resultado do nível de risco foi classificado com “*Extremo*”, sendo aplicado o parâmetro desempenho do sistema de prevenção e controlo onde um sistema de gestão da prevenção está implementado, mas não foi identificado sua real funcionalidade e classificado com valor 1,1, resultando assim em um Extremo” para o nível de risco ponderado e para os custos e complexidade técnica foi atribuído o valor 48 para a execução de medidas de prevenção/correção. Como resultado para o nível de priorização foi atribuído nível “*Elevado*” para o risco.

**Risco 11 Segundo WTF** – “*Detonação incontrolada*”- “*Carregamento/ Utilização / Manuseio de explosivos para a colocação nos furos*”. Após a avaliação o parâmetro consequência foi classificado com a valorização 100, pois apresenta risco de mortes se o acidente ocorrer e seus danos são classificados como o mais alto do parâmetro. Esse tipo

de trabalho é efectuado ocasionalmente de uma ou duas vezes por semana. O parâmetro probabilidade de o risco acontecer é classificado com a valorização 6, pois é perfeitamente possível e nada improvável de ocorrer. Como resultado foi atribuído nível “Extremo” para o risco. O risco foi justificado para as ações correctivas.

**Risco 11 Segundo NPT 330**– “Detonação incontrolada”- “Carregamento/ Utilização / Manuseio de explosivos para a colocação nos furos”. O nível de deficiência é considerado deficiente e atribuído a valorização 6, pois existe alguns factores de risco que precisam ser corrigidos. O nível de exposição é classificado como ocasional. O nível de probabilidade que é obtido em função do nível de deficiência e o nível de exposição foram classificados como “Alto”. Para o nível de consequência foi atribuído a valorização máxima (100), pois existe o risco de morte na actividade. Como resultado foi atribuído nível “T” para o risco.

---

Após obter os resultados de cada método algumas considerações foram observadas referente a aplicação dos métodos na indústria extrativa:

- ❖ Ao comparar criticamente os resultados obtidos para o mesmo risco em três métodos diferentes (MIAR, WTF e NPT330) observamos uma grande discrepância conforme demonstrado na tabela 21 e simplificado na tabela 22, isso demonstra que cada método prioriza diferentes parâmetros. Para a mesma situação de risco observamos resultados distintos, como exemplo a risco 38, de acordo com o método MIAR o índice de priorização atribuído para essa actividade foi classificado como nível “baixo”, levando em consideração que a gravidade leva a incapacidade permanente caso ocorra um acidente, o impacto desse acidente atinge em média 1 trabalhador e existe uma frequência de 2 a 3 vezes por semana dessa actividade para o método WTF o índice de risco atribuído foi “extremo” e inclui os maiores valores do parâmetro e para o método NTP330 o índice de risco atribuído foi nível “I”. Isso ocorre na maioria dos riscos avaliados.
- ❖ O risco 28 já apresenta uma similaridade nas avaliações, de acordo com o método MIAR a classificação atribuída foi de nível “extremo”, para o método WTF também foi atribuído classificação nível “extremo” e para o método NTP330 a classificação ficou no nível “I”, caracterizado como o nível mais alto do método NTP330, isso concluiu que uma intervenção deve ser efectuada para evitar assim um acidente.
- ❖ Para o risco 49 houve uma concordância entre os métodos MIAR e WTF, classificando o risco como nível “médio”, entretanto para o NTP330 o índice atribuído foi de nível “II” representando como nível “elevado”.

Através dos resultados obtidos no método MIAR foi verificado uma distribuição dos resultados. O risco elevado representou 56% dos 50 riscos avaliados sendo eles, os riscos que como consequência caso ocorra um acidente, o risco de morte ou lesões graves com incapacidade permanente, já o risco “médio” representou 28% dos riscos avaliados, incluindo risco de morte e consequências graves, evidenciando assim a necessidade de intervenção imediata por parte da entidade organizacional. Para o risco baixo o índice representou 8%, atribuídos a riscos onde a priorização de intervenção foi classificado com baixa, pois apresentava um menor risco de acidente.

Foi observado que os métodos WTF e NTP330 obtiveram resultados com uma avaliação de risco muito elevada, fazendo com que a aplicação desses métodos não seja fiável, uma vez que a elevação da classificação do risco não configura na eliminação dos mesmos.

Na tabela 23, apresenta outra analogia na planilha de APR- diz que a preposição é feita por percentagem onde 77,8% dos efeitos causados pelas etapas de actividade de detonação de rochas por explosivos produzem riscos de categoria não tolerável (NT), 14,8% de categoria moderada e 7,4% são toleráveis.

**Tabela 22:** Análise Preliminar de Riscos para desmonte de Rochas por detonação

| Análise Preliminar de Riscos – APR em Área de Detonação |                   |   |  |                      |                 |   |
|---|-------------------|---|--|----------------------|-----------------|---|
| Risco   | Causa             | Efeito                                    | Categ. De Frequência                   | Categ. De Severidade | Categ. De Risco | Medidas Preventivas   |
| Físicos   | Ruído de Impactos | Perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) | D                                      | III                  | NT              | Uso de EPIs e EPC's (Equipamentos de proteção individual (Protetor auricular adequado) e Coletiva), medidas administrativas mudança de função, afastamento. |
|   |                   | Zumbido                                   | D                                      | III                  | NT              | Uso de EPIs e EPC's (Equipamentos de proteção individual e Coletiva), mudança de função, afastamento.   |
|   |                   | Cefaleia                                  | E                                      | I                    | M               | Uso de EPIs e EPC's (Equipamentos de proteção individual e Coletiva), mudança de função, afastamento.   |
|   |                   | Náusea                                    | D                                      | I                    | T               | Uso de EPIs e EPC's (Equipamentos de proteção individual e Coletiva), mudança de função, afastamento.   |
|   |                   | Surdez                                    | D                                      | IV                   | NT              | Uso de técnicas de abafamento de ruído e uso de EPI's e EPC's (Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva). Mudança de função e/ou afastamento.         |
|   |                   | Ondas de choque provocadas pela           | Cansaço, irritação, dores nos membros, | C                    | IV              | NT  |

|  |                         |  |                                   |     |     |  |  |
|--|-------------------------|--|-----------------------------------|-----|-----|--|--|
|  | detonação de explosivos | dores na coluna, Fibrilação.                                     |                                   |     |     | metálicas, pré-corte, diminuição da carga máxima por espera e uso de tubo silencioso). Mudança de função e/ou afastamento. Monitoramento com sismógrafos.  |  |
|  |                         | Contração muscular, doença do movimento, artrite.                | D                                 | III | M   | Uso de técnicas que atenuem as ondas mecânicas (sacos de areia, pneus, redes metálicas, pré-corte, diminuição da carga máxima por espera e uso de tubo silencioso). Mudança de função e/ou afastamento. Monitoramento com sismógrafos. |  |
|  |                         | Lesões osseas, lesões dos tecidos moles e Mal-súbitos.           | C                                 | III | NT  | Uso de técnicas que atenuem as ondas mecânicas (sacos de areia, pneus, redes metálicas, pré-corte, diminuição da carga máxima por espera e uso de tubo silencioso). Mudança de função e/ou afastamento. Monitoramento com sismógrafos. |  |
|  | Calor                   | O desmonte de rochas é realizado sob área aberta com carga solar | Sudorese elevada.                 | D   | I   | T  | Hidratação constante através de água e isotônicos.   |
|  |                         |  | Desidratação.                     | E   | III | NT   | Perneiras, avental, mangas e luvas de raspa de couro, óculos ou viseiras acrílicas com filtros escuros, creme protetor da pele, camisa manga comprida. |
|  |                         |  | Queimaduras ocasionadas pelo sol. | D   | III | NT   | Perneiras, avental, mangas e luvas de raspa de couro, óculos ou viseiras acrílicas com filtros escuros, creme protetor da pele, camisa manga comprida. |
|  |                         |  | Problemas de pele.                | D   | IV  | NT   | Perneiras, avental, mangas e luvas de raspa de couro, óculos ou viseiras acrílicas com filtros escuros, creme protetor da pele, camisa manga comprida. |

| A- extremamente remota, B – remota, C – pouco provável, D – provável, E – frequente / I - desprezível, II - marginal, III - moderada, IV - grave / T – tolerável, M – moderado e NT – não tolerável. |                                    |   |   |     |    |   |
|--|------------------------------------|---|---|-----|----|---|
| <b>Químicos</b>  | Inalação de gases nitrosos         | Cefaleia,náusea, problemas neurológicos e impotência. | E | III | NT | Uso de máscaras de proteção contra gases, esperar a dissipação dos gases para a atmosfera.  |
|  | Inalação de poeira                 | Silicose pulmonar                                     | E | III | NT | Uso de máscaras de proteção contra poeira, aspersão de água, isolamento da fonte de emissão e instalação de coletores de pó na perfuratriz. |
|  |                                    | Alergias  | D | II  | NT | Roupas de proteção, aspersão de água para diminuição da poeira.   |
| A- extremamente remota, B – remota, C – pouco provável, D – provável, E – frequente / I - desprezível, II - marginal, III - moderada, IV - grave / T – tolerável, M – moderado e NT – não tolerável. |                                    |   |   |     |    |   |
| <b>Acidentes</b>   | Estilhaços da detonação            | Perfurações e mutilações                              | D | III | NT | Uso de abafamento sob a área a ser detonada (Sacos de areia, pneus e telas metálicas...) e anteparos, controle da carga máxima por espera.  |
|  | Entrada de pessoas não autorizadas | Causar acidentes                                      | E | IV  | NT | Implantação de sinalização, barreiras (cerco) e fiscalização dos pontos de acesso e geoprocessamento da área.                               |
|  | Rompimento de taludes              | Esmagamento, Asfixia                                  | D | III | NT | Evacuação das áreas próximas à detonação.   |
|  | Soterramento                       | Esmagamento, Asfixia                                  | D | III | NT | Estudo geotécnico da área a ser detonada  |
|  | Deslizamento de rochas             | Esmagamento, Asfixia                                  | C | III | M  | Estudo geotécnico da área a ser detonada.   |
|  | Quedas                             | Traumas, fraturas                                     | D | IV  | NT | Uso de cinto de segurança ou talabarte em trabalhos de carregamento de explosivos onde haja risco de quedas.                                |

Fonte:  
Adaptado pelo autor

|  |                              |                            |   |    |    |  |
|--|------------------------------|----------------------------|---|----|----|--|
|  | Incêndio                     | Queimaduras                | D | IV | NT | Treinamento de brigadistas de combate a incêndio, terceirização no manuseio e operação de explosivos.          |
| A- extremamente remota, B – remota, C – pouco provável, D – provável, E – frequente / I - desprezível, II - marginal, III - moderada, IV - grave / T – tolerável, M – moderado e NT – não tolerável. |                              |                            |   |    |    |  |
| Biológicos   | Presença de micro organismos | Fungos e bactérias         | B | II | M  | Manter o ambiente de trabalho limpo. Treinamentos sobre higiene pessoal. Não dividir EPIs, copos e talheres.   |
|  | Animais peçonhentos          | Envenenamento              | E | IV | NT | Uso de EPIs (bota de cano longo, calça comprida, camisa de manga longa).                                       |
| A- extremamente remota, B – remota, C – pouco provável, D – provável, E – frequente / I - desprezível, II - marginal, III - moderada, IV - grave / T – tolerável, M – moderado e NT – não tolerável. |                              |                            |   |    |    |  |
| Ergonômicos  | Postura inadequada           | Fadiga                     | E | II | NT | Estudo ergonômico, alongamentos, treinamentos e paradas para descanso.   |
|  | Repetitividade               | Fadiga                     | E | II | NT | Pausa para alongamentos, treinamento, mudança de posição, caminhadas, paradas para descanso e revezamento.     |
|  | Excesso de força             | Fadiga, lesões musculares. | E | II | NT | Pausas para alongamentos, treinamento, revezamento, paradas para descanso, mudança de função e/ou afastamento. |

Vale salientar que a utilização de ferramentas de gerenciamento de riscos do tipo APR (Análise Preliminar de Riscos), pode facilitar na elaboração de procedimentos de segurança e conseqüentemente na diminuição de acidentes de trabalho.

Foi observado desde que o maciço rochoso é detonado, ocorrerá o lançamento de rochas na direção em que foi iniciado o fogo. Os fragmentos de rochas são lançados e podem atingir pessoas, animais, equipamentos, moradias, etc.

Portanto sugere-se que algumas medidas técnicas sejam adoptadas no desmorte de rochas com explosivos tais como: Controle da razão de carregamento, diminuição da carga máxima por espera, amarração, direção de lançamento e abafamento de desmorte com o material arenoso.

Para se evitar patrimoniais as pessoas devem retirar equipamento para livra-los da direção da detonação, usar telas de borrachas para contenção de estilhaços e promover a saídas das pessoas das proximidades da área de detonação. À medida que os equipamentos são retirados é recomendada a realização de rondas com veículos pela área com objectivo para averiguar a presença de pessoas, animais, nas proximidades ou em torno da detonação e assim confirmar a saída de todos antes da iniciação. Enquanto são realizadas as rondas é importante à comunicação por rádios para serem fechados todos os acessos e assim começar a confirmação com os colaboradores responsáveis por cada barreira física da saída das pessoas envolvidas no processo.

### **5.1 Sectores de exploração**

Na sociedade mineira de catoca o sector de exploração é responsável pelo desmorte das rochas por meio de explosivos.

Todas as actividades industriais que de alguma forma envolvam a utilização de substâncias explosivas, tem que se ter atenção especial aos trabalhadores, que dificilmente ficam tranquilos sabendo que existe esse tipo de trabalho, é necessário redobrar a segurança.

A SMC não fica de fora quanto atenção nos trabalhadores avisando sempre com antecedência os dias em que haverá detonação na mina.

## CAPITULO VI: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### Conclusões

Apresentam-se as principais conclusões que se consideram pertinentes abordados neste trabalho:

1º Observou-se que a operação de desmonte de rochas com explosivos é perigosa. Todavia se os riscos de detonação forem identificados com as ferramentas apropriadas, ou seja, casos sejam implementados as medidas de controle, os resultados dos trabalhos preventivistas de gerenciamento de riscos podem ser eficazes.

2º Conhecer os perigos e encontrar formas de controlar os riscos que lhe estão associados nota-se que as pessoas, instituições e empresas, procuram mitigar os seus efeitos intervindo ao nível, da organização e processo de trabalho, na escolha mais adequada dos meios técnicos e tecnológicos utilizados na formação e informação de colaboradores, criação de condições seguras na envolvente física do local de trabalho.

3º Mediante análise de gerenciamento de riscos, conclui-se que parte das falhas na operação de desmonte de rochas com explosivos podem ser evitadas com acções preventivas e educativas.

4º A colocação das barreiras físicas e o correcto manuseio dos explosivos necessitam de uma melhor fiscalização dos profissionais de segurança, em conjunto com o engenheiro de minas, bem com o treinamento e reciclagens para profissionais que trabalham directamente na aplicação dos explosivos devido aos riscos existentes no processo de detonação.

5º A ferramenta APR- Análise Preliminar de Riscos pode ser eficaz para este tipo de operação por ser prática e directa o que favorece a produção em áreas de detonação. Portanto, a ferramenta proposta aparenta ser útil na análise e apreciação de riscos e aplicação das mesmas, podem prevenir os trabalhadores do sector de sofrerem com alguma doença ou acidentes de trabalho.

6º O método de MIAR mostrou ser o mais adequado para a mina em Angola, após a adaptação dos parâmetros para a indústria extrativa, o método revelou ser mais completo em relação aos métodos de WTF e NPT330 conforme foi demonstrado neste estudo onde ocorreu uma comparação dos métodos.

8º Os objectivos propostos nessa dissertação foi concluídos, a comparação de três métodos de avaliação de riscos podem ser utilizados para mina de catoca.

## RECOMENDAÇÕES

A aplicação de avaliação de riscos na indústria extrativa em Angola ainda é limitada. Através desse estudo, Angola demonstrou ser um país restrito na gestão de riscos e na segurança no trabalho, principalmente na indústria de extração de minério. Nesta dissertação foi apresentada métodos de avaliação de riscos de detonação, mas a continuidade dos estudos para avaliar a fiabilidade dos resultados, adaptação dos parâmetros, bem como a aplicação de outros métodos disponíveis na literatura para analisar sua aplicabilidade e reprodução neste contexto operacional é de grande valia.

Para futuros trabalhos recomenda-se:

1º A aplicação dos métodos de avaliação de riscos sugeridos nessa dissertação em outras minas para comparações e obter resultados consistentes.

2º A aplicação de inquerito como forma de auxiliar a identificação e avaliação de riscos na rotina das actividades;

3º Acesso a técnicas superiores de segurança no trabalho em Angola como forma de estudo laboral e vigência na rotina da indústria extrativa.

4º É fundamental que em futuros estudos continuem a aplicação do método MIAR, bem como o desenvolvimento de novas metodologias para a avaliação de riscos na indústria extrativa ou em outras actividades, visto que o método de MIAR se mostrou flexível e adaptável.

5º Também é sugerido trabalho sobre normas e diretrizes a indústria extrativa em Angola. Como foi verificada a falta de normas específicas e alguma legislação portuguesa, dificulta a aplicação e reprodutividade na realidade do local de estudo.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- 1° Análise de riscos – Grupo Magiforma (2017);
- 2° Ranieri de Araújo Pereira e Maria Betania Gama Santos Gerenciamento de Riscos nas Atividades de Desmonte de Rochas com Explosivos (2016);
- 3° Vânio e Silva filho-Gestão da Segurança no Manuseio e Operação com Explosivos e Acessórios de Detonação (2015);
- 4° Juliano Alberto Proposta de Transição de Mina a Céu Aberto para Mina Subterrânea (2020);
- 5° Marcos João Seleção das Substancias Explosiva em Função das Características das Rochas na Mina do Projeto Lunhinga Luo (2021);
- 6° Isadora Timbó de Paula Lopes
- 7° Gestão de riscos de desastre integrando os riscos de acidentes industriais à gestão territorial (2017);
- 8° Gabriel Zappellini Nunes-Análises de Perigose Riscos Associados à Extração e Beneficiamento de Carvão Mineral (2011).
- 9° Itamar Luís de Oliveira Junior, análise de desmonte de rocha para construção de um vertedouro de Barragem em Mato Verde/ Mg, (2017).
- 10° Caitano Dallora Neto, Análise de vibrações em desmonte com explosivo.
- 11° António Cassule da Silva, Análise dos efeitos Gerados pela vibrações resultantes da fragmentação da rocha Gnaisse na pedreira Geomineral. Trabalho de monografia, UAN (2010).
- 12° Bazaba Francisco. L.N. estudo de desmonte com explosivo na pedreira de Calcário de EL Alto(Espanha), particularizando a fragmentação as projecções e aa onda aérea, trabalho de monografia, UAN, (2010).
- 13° FEPAM Fundação Estadual de protecção ambiental, Henriques Luíza Roessler. Manual de Análise de riscos industriais. Porto Alegre RS. (2001).
- 14° [https:// wfepan rs gov br / central / formulários/ arq/ manual risco. Pdf](https://wfepan.rs.gov.br/central/formulários/arq/manual_risco.pdf) acesso em 25 de outubro(2016).

