

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

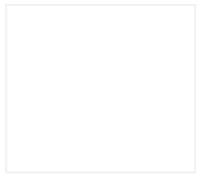
GERSON DA SILVA MAGALHÃES

**PLANO DE EMERGÊNCIA DE COMBATE À INCÊNDIO E EVACUAÇÃO EM MINA
SUBTERRÂNEA**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2013**

GERSON DA SILVA MAGALHÃES



**PLANO DE EMERGÊNCIA DE COMBATE À INCÊNDIO E EVACUAÇÃO EM MINA
SUBTERRÂNEA**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientadora: Prof^a Msc. Eng. Luciene F. S. Wiczick

CURITIBA
2013

GERSON DA SILVA MAGALHÃES

**PLANO DE EMERGÊNCIA DE COMBATE À INCÊNDIO E
EVACUAÇÃO EM MINA SUBTERRÂNEA**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. M.Sc. Luciene Ferreira S. Wiczick
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

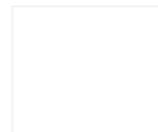
Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

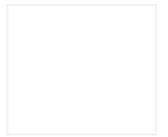
Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2014



Dedico este trabalho à minha família,
meus amigos e minha mãe, Hermínia
Rosa Magalhães (in memoriam).



AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela bondade, por conhecer detalhadamente meus intentos, meu coração, meus desejos e aspirações, pelos anseios nessa fase final do Curso de Eng° de Segurança do Trabalho, cujo futuro vislumbro uma fonte imensurável de auxílio, especialmente, para meu trabalho.

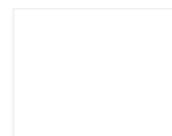
A minha maravilhosa esposa.

Aos meus filhos, pelo afeto e amizade sempre.

Aos meus amigos, que direta ou indiretamente estavam ao meu entorno.

Aos colaboradores da empresa que eu trabalho.

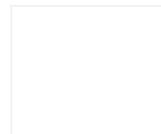
A Mineração Tabiporã por apoiar nas horas precisas.



RESUMO

O objetivo geral desta pesquisa é demonstrar a importância de plano de emergência de incêndio e evacuação em mina subterrânea. Trata-se de um estudo bibliográfico, qualitativo e exploratório, com estudo de caso realizado na Mina do Morro da Mineração Tabiporã pretendendo analisar o plano de emergência para combate a incêndio da mesma. Percebe-se ao analisar o plano de emergência de incêndio da Mina do Morro da Tabiporã Mineradora encontra-se completo, contudo destaca-se a necessidade de revisão abrangente constante deste documento para que o mesmo contemple itens de grande importância para a segurança dos trabalhadores e da própria instalação. O desenvolvimento de uma metodologia, usando como suporte as normas em vigência no país, para atender as necessidades de prevenção de incêndios é indispensável, uma vez que se pode evitar mortes e sequelas prejudiciais para os trabalhadores, bem como minimizar os riscos ao patrimônio por meio da rápida intervenção dos responsáveis. No caso da Mina do Morro da Mineração Tabiporã, o plano de emergência de incêndio foi elaborado considerando todos os aspectos propostos pelas normas técnicas, e a partir das simulações tem sido constantemente aprimorado e otimizado visando a diminuição dos riscos de incêndio inerentes a especialização do serviço executado no local.

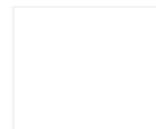
Palavras-chave: mineração; minas subterrâneas; incêndio; normas técnicas de segurança.



ABSTRACT

The overall objective of this research is to demonstrate the importance of emergency fire and evacuation in underground mine plan. This is a literature, qualitative and exploratory study with case study in the Tabiporã's Morro da Mina intending to analyze the emergency plan for fire thereof. It is perceived to analyze the fire emergency plan of the Tabiporã's Morro da Mina. Mining is complete, but there is the constant need for comprehensive revision of this document for an even contemplate items of great importance to the safety of workers and the installation itself. The development of a methodology, using as support the standards in force in the country, to meet the needs of fire prevention is essential, since it can prevent deaths and harmful consequences for workers, as well as minimize the risks to equity through the rapid intervention of responsible. In the case of Tabiporã's Morro da Mina, the fire emergency plan has been prepared considering all the aspects proposed by the technical standards and possibilities for evacuation and protection of human and physical assets of the company, and from simulations has been constantly improved and optimized aiming to reduce fire risks inherent in specialization of services performed on site.

Keywords: mining, underground mining, fire, technical safety standards.



LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	–	Perfuratriz manual do tipo martelete pneumático	15
Figura 2	–	Perfuratriz jumbo	15
Figura 3	–	Conjunto estopim/espoleta hidráulica	17
Figura 4	–	Ventilador Axial	21
Figura 5	–	Ventilador centrifugo	21
Figura 6	–	Triângulo do fogo	25
Figura 7	–	Tetraedro do fogo	25
Figura 8	–	Influência da condução, convecção e radiação na combustão	26
Figura 9	–	Modelo de fluxograma da análise de riscos de incêndios	37
Figura 10	–	Veio de quartzo	50
Figura 11	–	A Lavra na Mina do Morro	50
Figura 12	–	Equipamento de LHD	51
Figura 13	–	Equipamento de LHP	52
Figura 14	–	Saídas de emergências da mina	56
Figura 15	–	Entrada da câmara de refúgio	58
Figura 16	–	Câmara de refúgio	58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 MINAS SUBTERRÂNEAS: CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS	11
2.1.1 Tipos de Lavra	11
2.1.2 Processo de Lavra e Desenvolvimento	13
2.1.3 Perfuração de Rochas	14
2.1.4 Desmonte de Rocha	16
2.1.5 Critérios de Ventilação	18
2.1.5.1 Ventilação local exaustora	19
2.1.5.2 Ventiladores	20
2.2 PREVENÇÃO DE INCÊNDIO	22
2.2.1 Conceitos Importantes sobre Incêndios no Âmbito Geral	22
2.2.2 Representação Gráfica do Fogo	24
2.2.3 Combustão	25
2.2.4 Mecanismo de Ignição dos Materiais Combustíveis	26
2.2.5 Dinâmica do Fogo	28
2.2.6 Fumaça do Incêndio	29
2.3 RISCO DE INCÊNDIO EM MINAS SUBTERRÂNEAS	33
2.3.1 Estratégias de Controle e Escape	41
2.3.2 Câmaras de Refúgio	42
3 METODOLOGIA	45
4 ESTUDO DE CASO	47
4.1 HISTÓRICO DA EMPRESA	47
4.1.1 Atividade da Empresa	49
4.1.2 Missão da Empresa	49
4.1.3 A Mina do Morro	49
4.2 METODOLOGIA ADOTADA PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE EMERGÊNCIA DA MINA DO MORRO	53
4.2.1 Simulação do Plano de Emergência da Mina do Morro	56
4.3 O PLANO DE EMERGÊNCIA DE INCÊNDIO DA MINA DO MORRO	59
CONCLUSÃO	64
REFERÊNCIAS	66
ANEXO A - NR-22 - SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL NA MINERAÇÃO	69

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Machado (2011) a indústria da mineração no Brasil tem se desenvolvido bastante ao longo dos anos, especialmente no que se refere ao incremento da produtividade, a melhoria da qualidade de processos e produtos e, com destaque para a proteção ambiental e do trabalhador. Dados de 2007 mostram que existem cerca de 55 minerais em exploração no país, que apresentam cada um uma dinâmica de mercado própria e única.

Conforme informações do Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (2012) a indústria da mineração se direciona para a elevação dos investimentos no Brasil, cujo volume de investimentos privados está previsto em US\$ 68,5 bilhões até 2015. Dados recentes mostram que a exportação de minérios chegou a US\$ 18,4 bilhões no primeiro semestre de 2012, sendo que somente as exportações de ouro somaram US\$ 1, 3 bilhões. Ainda no primeiro semestre de 2012, a indústria extrativa mineral (que inclui petróleo e gás natural) gerou 10.124 postos de trabalho.

Ainda segundo o IBRAM (2012) a partir desses investimentos e dos insumos básicos que produz, a mineração dá estímulo a outros setores produtivos, além de gerar empregos, renda, tributos e, com as exportações dos minérios extraídos que trazem lucros para o país.

Segundo Machado (2011) o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE assegura que a indústria de extração mineral foi a atividade produtiva que apresentou o maior crescimento em 2010 e em âmbito mundial devido ao aumento das incertezas sobre a economia, os bancos centrais de muitos países optaram por comprar ouro em maior quantidade e devem prosseguir adquirindo o metal para a composição de suas reservas.

A mineração se constitui numa atividade delineada e executada a longo prazo, baseando suas decisões de planejamento nas informações e nos cenários nacionais e internacionais. Por isso sua operacionalidade está pautada pela visão integrada do negócio e do mercado por causa da grande quantidade de variáveis associadas ao processo de extração de um bem mineral. Desta forma, é necessário saber com precisão quando começar a lavra, de que maneira esta será desenvolvida, quando será a exaustão de uma mina, entre outros. Mas, uma informação imprescindível é a questão da segurança do trabalho, no caso específico deste estudo, a prevenção de incêndios, cujo estudo justifica este trabalho.

Desta forma o objetivo geral desta pesquisa é demonstrar a importância de plano de emergência de incêndio e evacuação em mina subterrânea.

Os objetivos específicos são:

- Identificar os conceitos relacionados ao processo e tipos de lavra;
- Descrever os conceitos relacionados com o tópico ventilação em mina;
- Detalhar o processo de prevenção de incêndio, destacando os conceitos importantes sobre incêndios, fogo, combustão, mecanismo de ignição, fumaça em âmbito geral;
- Analisar as possibilidades de risco de incêndio em minas subterrâneas, estratégias de controle e escape, câmaras de refúgio;
- Investigar por meio de pesquisa de campo o plano de emergência de incêndio da Mina do Morro, objeto deste estudo, e as possibilidades de evacuação e proteção do patrimônio físico e humano da empresa.

A estruturação adotada neste trabalho obedece a seguinte ordem: no capítulo 1 foram abordados os objetivos, justificativa e problema de pesquisa; a capítulo 2 se subdivide para trazer a revisão de literatura sobre os conceitos, características e funcionamento das minas e numa segunda parte os conceitos relacionados com a as características dos incêndios e sua prevenção e meios de extinção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MINAS SUBTERRÂNEAS: CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

Uma mina pode ser definida como uma jazida em lavra, ainda que temporariamente interrompida, que abrange:

- áreas de superfície e/ou subterrânea nas quais se desenvolvem as operações de lavra;
- as máquinas, equipamentos, acessórios, instalações e obras civis empregadas nas atividades de lavra (BRASIL, 2005).

2.1.1 Tipos de Lavra

Conforme colocam Neme et al. (2011) a opção por um método de lavra se constitui num dos elementos básicos quando se viabiliza a análise econômica de uma mina, e sua adoção possibilita o desenvolvimento da operação. De maneira geral, o método de lavra é definido como sendo a técnica de extração do material, o que determina a importância de sua seleção porque todo o projeto é desenvolvido em relação a técnica empregada para lavrar o depósito e assim, os trabalhos de infraestrutura relacionam-se diretamente com o método adotado.

Para Germani (2002) a opção por um método de lavra se concretiza em relação a dois grupos de condicionantes: a geometria do corpo no que se refere a inclinação e espessura e propriedades de resistência e estabilidade dos maciços que estabelecem o minério e suas encaixantes. Devido a este fato, é difícil fazer a comparação da aplicação de métodos de lavra de uma região com outra.

Segundo Neme et al. (2011, p. 520):

São vários os métodos de lavra descritos por Hartman (2002) e Hustrulid (1982) e estes são limitados pela disponibilidade e performance dos equipamentos e, como todos os fatores que influenciam em sua seleção, devem ser avaliados levando-se em conta os aspectos tecnológico, econômico, social, político e ambiental.

Ainda de acordo com Germani (2002) existem três modalidades de lavra mais frequentes: a céu aberto, subterrânea e por dissolução. No caso do Brasil, a maior parte da produção mineral procede de lavras a céu aberto, sendo de pequena

monta a quantidade de minas subterrâneas. Para Torres; Gama; Villas Boas (2005) a exploração a céu aberto tem por característica a retirada de volumes expressivos de material com o emprego de maquinaria de alta capacidade, realizando-se usualmente por processo de bancadas descendentes com seções transversais troncocônicas. Existe neste tipo de exploração relação direta entre a quantidade de material estéril manejado e a quantidade de minério.

Conforme destaca Germani (2002) a mineração a céu aberto origina um volume de material estéril bem maior do que aquele desmontado pelo processamento utilizando técnicas de lavra subterrânea. Quando a proporção de material estéril versus minério alcança magnitudes que afetam os custos operacionais e acabam sendo antieconômicas, e também quando surgem questões atreladas às restrições político ambientais que possam afetar a lavra a céu aberto do depósito, justifica-se a extração do minério por métodos subterrâneos. Porém, neste caso, existe a questão da elevação do custo para retirada do material estéril. Para Machado (2011) essa relação é conhecida como limite de descafeamento e fator de definição da profundidade máxima que se pode lavar a mina utilizando métodos a céu aberto que, por consequência, determina em que condição passa a ser mais econômica a lavra por métodos subterrâneos.

Corroborando Silva (2010) que a lavra subterrânea se torna mais vantajosa quando o depósito alcança grandes profundidades a relação material estéril x minério é alta, ou seja, a quantidade de material estéril a ser retirado para alcançar o minério é muito grande, as jazidas aflorantes tornam-se cada vez mais escassas e aumentam as restrições ambientais para a adoção de lavra a céu aberto.

Também Machado (2011) afirma e complementa que na exploração subterrânea, a relação estéril-minério é menor em relação ao método a céu aberto, entretanto, nesses casos surgem desafios para controlar a estabilidade das aberturas subterrâneas e a conservação da qualidade da atmosfera subterrânea, destacando a importância da ventilação na mina que será vista em item adiante.

Ainda para o autor, hoje em dia observam-se tendências na indústria da mineração que evidenciam que as minas subterrâneas mostram a convergência de assumir maior profundidade e maiores dificuldades de acesso, o que elevam os riscos do negócio. Em contrapartida, as lavras desenvolvidas em maiores profundidades demandam técnicas mais modernas de mineração que possibilitam a ampliação de produtividade, visando atingir maiores margens de lucro. De maneira

inevitável, a modernização dos métodos de lavra demanda um aumento considerável da mecanização das atividades operacionais de lavra e desmonte.

2.1.2 Processo de Lavra e Desenvolvimento

De acordo com Silva (2010) a lavra é o conjunto de trabalhos objetivando a retirada mais completa, mais econômica, mais segura e mais rápida do minério ou massa mineral. É a segunda fase legal da mineração, e que, do ponto de vista de excussão, se divide em duas fases, que são o desenvolvimento e a lavra. A lavra subterrânea é aquela executada no seio dos terrenos. É aplicável a corpos sob espessas camadas de capeamento, cuja remoção seja antieconômica para lavra a céu aberto.

Para o autor acima citado, um dos processos de exploração que podem ser utilizados é o de câmaras e pilares, que consiste em se deixar pilares da própria rocha que serão responsáveis pela sustentação desta. Os pilares podem ser dispostos segundo uma geometria regular ou estar aleatoriamente distribuídos. A recuperação dos pilares nesse método pode chegar a até 85% do número num primeiro estágio de lavra. Alguns pilares podem ser recuperados caso contenham números de bom teor e a rocha apresente boa condição de estabilidade. É possível ainda utilizar-se de pilares artificiais, como o enchimento de estéril para recuperar o pilar de interesse.

O método descrito acima é usado para corpos mineralizados com inclinação de 30° a 40°. A lavra é feita em várias frentes simultaneamente. Requer equipamentos e perfuratrizes de carregamento versáteis para atuar nas várias frentes de lavra.

Atacando-se as zonas mineralizadas, no princípio em galeria em encosta, TB (túnel base), medindo 2,60m x 2,50m, em seguida por galerias secundárias, chamadas chaminés, com 1,20m x 1,20m, que são unidas por gavetas transversais, com 1,50m x 1,80m, formando os pilares (SILVA, 2010).

As chaminés acompanham, via de regra, a direção de mergulho do filão, tendo inclinação variável de 45° a 60°, pela qual o material desce por gravidade até o túnel base (TB) (SILVA, 2010).

A escavação das galerias é realizada utilizando martelotes pneumáticos roto-percussivos, com avanço tipo air-leg (coluna) para a furação, e desmonte com

explosivo encartuchado (emulsão), e explosivo granulado (anfo), detonados com estopim e espoleta comum, eventualmente com linha silenciosa (pironel) (SILVA, 2010).

2.1.3 Perfuração de Rochas

Desde os tempos pré-históricos, o homem tem sido compelido a trabalhar com a rocha a fim de atender às diversas necessidades. A procura do sílex, para utilização nas ferramentas da idade da pedra, iniciou a mineração já em 15.000 a.C., e por volta de 3.000 anos a.C., depósitos metálicos eram trabalhados no Egito e no Oriente próximo, tendo-se conhecimento de que várias minas de metais estavam em operação na Europa em torno de 1.600 anos antes da nossa era. A perfuração a rotopercussão é o sistema mais clássico de perfuração de minas e sua aparição coincide com o desenvolvimento industrial do séc. XIX (EVANGELISTA, 2013).

Segundo Germani (2002) aplicando-se a força de avanço adequada, tem-se melhor economia na perfuração, se a força de avanço for pequena, a velocidade de penetração também será diminuída, também causarão maior desgaste por parte do operador que terá que fazer o avanço manualmente.

Ainda para o autor supra citado, a perfuração das rochas dentro do campo dos desmontes é a primeira operação que se realiza e tem como finalidade abrir furos, com a distribuição e geometria adequada dentro dos maciços para alojar as cargas de explosivos e seus acessórios iniciadores.

Segundo Menezes (2005) para a perfuração podem ser utilizadas perfuratrizes manuais do tipo marteletes pneumáticos, caso da mina do Morro em análise neste estudo, que é uma perfuratriz de múltiplas aplicações, destinadas a trabalhos no desmonte primário e secundário (fogacho), como TB`s, chaminés e gavetas, são usadas colunas de avanço tipo (air-leg). Os marteletes utilizam brocas que transmitem à rocha os esforços criados na perfuratriz, através de sua extremidade constante são feitos os avanços efetivos nas rochas, com 41mm de diâmetro, a fonte de ar comprimido fornece a energia necessária desde o acionamento da perfuratriz, do sistema de avanço, até o sistema de apoio e locomoção (Figura 1).



Figura 1 – Perfuratriz manual do tipo martelete pneumático
Fonte: a autoria (2013).

Conforme destaca Silva (2010) a perfuração também pode ser feita com jumbos, que são equipamentos de perfuração com sistema de avanço que dão um dimensionamento excelente em relação ao martelete pneumático, devido à diminuição do ciclo operacional. Os jumbos desenvolvem furos com avanço horizontal e vertical, com 45mm de diâmetro (com utilização somente em TB`s) (Figura 2).



Figura 2 – Perfuratriz jumbo.
Fonte: a autoria (2013).

A perfuratriz jumbo é alimentada por energia elétrica, 440 volts, e sua furação utiliza sistema hidráulico e locomoção por meio de motor a combustão, tanto o jumbo como os martelotes utilizam a água como sistema de limpeza dos furos (SILVA, 2010).

O tipo de equipamento de perfuração é quem irá determinar a dimensão do equipamento que irá remover o material desmontado e o tamanho da seção da galeria (SILVA, 2010).

2.1.4 Desmonte de Rocha

Para Silva e Torres (2013) o desmonte é a operação que visa arrancar os blocos de rocha de sua posição natural, fragmentando-os convenientemente, recorrendo-se em geral o emprego de explosivos.

Segundo os autores acima citados, as perfurações feitas nas rochas são carregadas com emulsão encartuchada, tipo gel (banana), explosivo granulado chamado de anfo (nitrato de amônia + óleo diesel), sendo necessário para sua detonação um iniciador, nesse caso uma espoleta não elétrica, no interior da massa introduzida no furo, acionada por um estopim.

Hermann (1972) destaca que realizado o processo de perfuração da frente, com a área isolada e sinalizada, inicia-se o carregamento de furos, escorvando-se a banana com a espoleta e introduzindo-a no furo com um “atacador” de madeira, em seguida carrega-se o anfo com o auxílio de um equipamento pneumático, chamado de anfooad, em seguida se introduz o tampão.

Para o autor acima, após o carregamento dos furos, o próximo passo é escalar as cordas (estopim). Como não se usa retardo, a escala de saída é feita manualmente. Primeiramente serão detonados os furos do pilão, por não haver face livre, em seguida os furos chamados descalço, e assim sucessivamente, deixando de carregar somente os furos de alívio, que estão em volta do pilão, os furos do piso serão sempre os últimos a serem detonados, para que o material não fique totalmente compactado, para facilitar sua remoção.

O próximo passo é a detonação, isto é, provoca-se a explosão do material colocado nos furos, que fatura o maciço rochoso a ser demolido e empurra o material para frente. Os resultados esperados são blocos de rocha de dimensões

compatíveis com os equipamentos utilizados para sua remoção e tratamento (SILVA E TORRES, 2013).

O manuseio de explosivos só é permitido por pessoas habilitadas, como blasters, técnicos de mineração, técnicos de segurança de trabalho, encarregados de turno, operadores de perfuratriz (marteleto e jumbos) e funcionários do paiol de explosivos, seguindo normas de segurança e regras operacionais (RO's) internas (SILVA E TORRES, 2013)..

Para Hermann (1972) em determinados casos, tanto no desenvolvimento quanto na lavra, poderá ocorrer à necessidade de remoção de algum fragmento em TB, gaveta, ou chaminé, e até mesmo no desmonte de pilares, com a utilização de massa expansiva. Essa massa é um combinado de pó e água, que depois de misturado, preenchem os furos e, após 48 horas secam e se expandem, quebrando ou trincando a rocha desejada. É mais utilizado em casos que se dispensa o uso de explosivos de qualquer espécie, não é aplicável em frentes de trabalho normais, como pilão e demais furos.

Os acessórios utilizados para iniciação do trem explosivo são o conjunto estopim/espoleta hidráulica (mantopim), e em alguns casos a linha silenciosa (Pironel) acompanhado do cordel detonante NP -10 (Figura 3).



Figura 3 - Conjunto estopim/espoleta hidráulica.
Fonte: a autoria (2013).

2.1.5 Critérios de Ventilação

No Brasil quando se refere a principal preocupação de um projeto de ventilação de minas subterrâneas coloca-se em foco o atendimento integral das exigências legais associadas com as condições ambientais que existem no subsolo das minas. As Normas Reguladoras do Ministério do Trabalho - MTE e as Normas Regulamentares do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM delineiam especificações para o cálculo da vazão de ar fresco nos sistemas de ventilação das minas em relação às múltiplas variáveis e os limites legais de tolerância para agentes físicos, químicos e biológicos. Também definem as diretrizes mínimas para que as empresas instituem sistemas sólidos e eficazes de controle ambiental subterrâneo, sistemas estes que precisam suprimir, diminuir ou prevenir as potenciais patologias ocupacionais (BRASIL, 2002).

Brake; Nixon (2008) destaca que o fator individual imprescindível para o projeto de ventilação de uma mina subterrânea é, possivelmente, o dimensionamento apropriado do volume de ar circulante, pois, cometer erros na determinação desta quantidade pode desencadear um extenso efeito dominó no dimensionamento de outros parâmetros do sistema. Desta forma, o projeto de um sistema de ventilação principal visando o controle ambiental em minas subterrâneas é um procedimento complicado, que demanda influência mútua de diversas condicionantes, que devem interagir para garantir boas práticas na fase de projeto e implementação. Na etapa de estudo precisam ser determinadas as características principais e os princípios de funcionamento no período de utilização da vida útil da mina, que desta forma, não podem ser abordados de maneira isolada para evitar perdas ou altos gastos futuros, ao longo do ciclo de vida da mina.

Biffi et al. (2007) asseguram que o desenvolvimento dos estudos em ventilação de minas incide no encontro do equilíbrio entre as especificações de um ambiente seguro e saudável e uma infraestrutura com custo-benefício adequado economicamente. Os parâmetros que Interferem no processo são os que se relacionam com as exigências das normas reguladoras no que se referem com a qualidade e quantidade dos fluxos de ar nos locais de trabalho, além das demandas específicas do empreendimento mineiro em questão, considerando-se o tipo, o número e o tamanho dos equipamentos, e também a taxa de produção e

desenvolvimento, as instalações auxiliares, entre outros no período de vida útil da mina.

Contudo, Machado (2011, p. 22) coloca que:

Mas não basta determinar o volume de ar fresco requerido ao longo da vida útil de determinado empreendimento. É essencial projetar adequadamente o sistema de distribuição desse ar na mina, sistema que depende da provisão de poços ou rampas de adução do ar, galerias ou túneis de acesso às várias frentes em operação, desde as áreas de produção, frentes em desenvolvimento dimensionadas com as seções retas adequadas para manter velocidades corretas da corrente de ar.

Ademais, deve-se prover ventilação suficiente para atender os serviços auxiliares tais como oficinas de manutenção e de apoio, estocagem de diesel, etc. assim como prover caminhos de retorno do ar viciado ou contaminado para a superfície. O balanço de massa de um sistema pode ser inferido para então dimensionar a capacidade dos ventiladores principais, o custo operacional do sistema de ventilação e refrigeração e de investimentos de capital exigíveis.

Desta forma, em longo prazo, para diminuir os riscos à saúde dos trabalhadores e possibilitar garantias mínimas de segurança operacional e o cumprimento das normas de higiene determinadas pela legislação, é imprescindível que múltiplos elementos inseparáveis do sistema de ventilação sejam considerados por meio de técnicas adequadas que simulem e antecipem diversas situações acidentais possíveis para que sejam examinadas e para que se possa propor e implementar planos de emergências.

Conforme McPherson (1993) as minas e seus sistemas de ventilação são bastante complexos para se projetar e calcular manualmente, por isso, é preciso empregar aplicativos de simulação adequados, que possibilitam a modelagem computacional de reticulações de ventilação de maneira real e, que também possuam capacidade técnica para prognosticar o comportamento dos ambientes simulados e as necessidades de ventilação e refrigeração atuais e futuras, para deduzir com certa exatidão o comportamento da condição ambiental subterrânea, em todas as situações, ao longo da vida útil da mina.

2.1.5.1 Ventilação local exaustora

De acordo com Cavaz Junior (2013) o objetivo básico da ventilação local exaustora é capturar os poluentes de uma fonte, sejam gases, vapores ou poeiras tóxicas, antes de se dispersarem no ar do ambiente de trabalho, ou melhor, antes de

atingirem a zona de respiração dos trabalhadores. Desta forma, a ventilação de operações, processos e equipamentos que dispersem poluentes para o ambiente se destaca como medida de controle de riscos de grande importância.

De maneira indireta, a ventilação local exaustora igualmente tem influencia no conforto, na eficiência e na segurança do trabalhador, porque retira do ambiente uma parte do calor desprendido por fontes quentes que por ventura estejam presentes no ambiente. Outra função importante da ventilação exaustora é controlar a poluição do ar da mina de maneira que os poluentes lançados por uma fonte possam receber tratamento em um equipamento de controle de poluentes tais como, filtros, lavadoras, entre outros, e assim precisam ser capturados e transportados a esses equipamentos, o que é feito na maioria dos casos por esse sistema de ventilação.

2.1.5.2 Ventiladores

Para Cavaz Junior (2013) os ventiladores são responsáveis por fornecer energia ao ar com o objetivo de movimentá-lo em qualquer ambiente e nos sistemas de dutos. Assim, o papel principal de um ventilador é movimentar uma certa quantidade de ar por um sistema de ventilação ao qual está acoplado.

Desta forma, o ventilador precisa originar uma pressão estática satisfatória para suplantiar as perdas do sistema e uma pressão cinética para conservar o ar em circulação.

Existem essencialmente, dois tipos de ventiladores:

a) Ventilador axial

Segundo Cavaz Junior (s/d) o ventilador de hélice se constitui por uma hélice disposta em uma armação de controle de fluxo, com o motor escorado por suportes presos, de maneira geral, à estrutura dessa armação conforme disposto na Figura 4. O ventilador é planejado para fazer o ar se mover de um espaço fechado a outro a pressões estáticas relativamente baixas. O tipo de armação e posição da hélice influencia de maneira determinante o comportamento do ar e a eficiência do próprio ventilador.

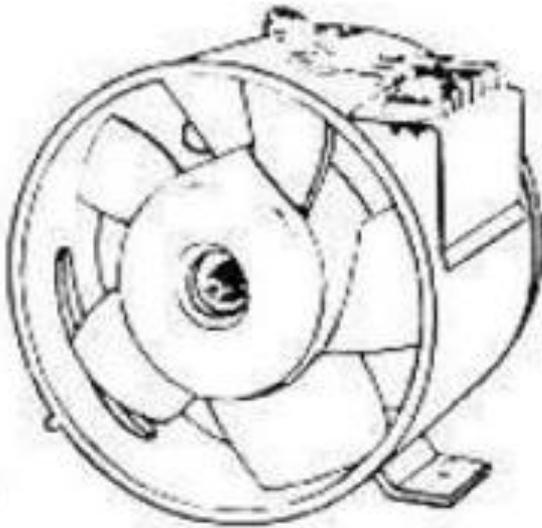


Figura 4 – Ventilador Axial
Fonte: CAVAZ JUNIOR, 2013, p. 17.

b) Ventiladores centrífugos

Um ventilador centrífugo (Figura 5) se constitui por um rotor, uma carcaça de conversão de pressão e um motor. A entrada do ar no centro do rotor em movimento é posteriormente acelerado pelas palhetas sendo então, impelido do contorno do rotor para fora da abertura de descarga.

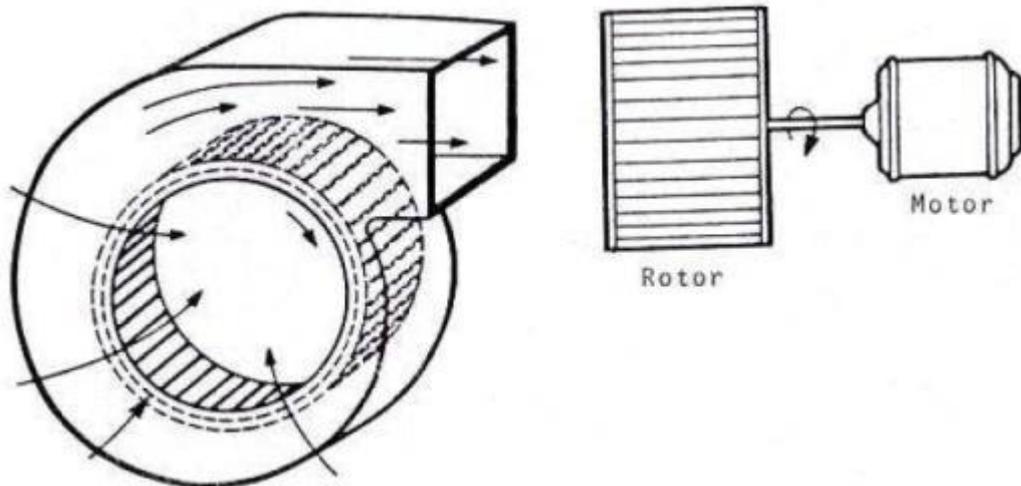


Figura 5 – Ventilador centrífugo
Fonte: CAVAZ JUNIOR, 2013, p. 17.

2.2 PREVENÇÃO DE INCÊNDIO

Segundo Germani (2002) a conscientização acerca da Higiene no Trabalho tem se disseminado pelo país nas últimas décadas, proveniente da indústria química, sendo seu uso fortalecido pela tecnologia e a legislação trabalhista.

Diante disso, a monitoração dos agentes de risco à saúde tem se tornado mais concisa e simplificada de desenvolver, tornando favorável seu bom emprego e majorando sua exigência. Assim, calor, ruído, gases, poeiras, vibrações e outros agentes insalubres são passíveis de rastreamento em termos de quantidade, qualidade e exposição.

O desenvolvimento tecnológico também tem contribuído para a melhoria dessas condições, com a adoção de equipamentos que emitem menos ruído; substituição de combustíveis fósseis que geram gases poluentes por energia limpa; filtros dos motores de combustão mais eficientes e a melhoria dos projetos de monitoramento de possíveis eventos.

Também os equipamentos de proteção individual - EPIs apresentam maior comodidade e eficiência. Assim, as operações de equipamentos são feitas no interior de cabines refrigeradas com isolamento termo acústicos ou com controle remoto. A qualidade e tecnologia dos aspersores para combate a poeiras são melhores. As plantas são desenvolvidas para refrigerar o ar que entra nas minas de subsolo, manter a ventilação em níveis adequados, enfim cuidar para as operações contemplem todos os possíveis riscos e entre eles se destacam os incêndios.

2.2.1 Conceitos Importantes sobre Incêndios no Âmbito Geral

Para melhor compreensão do mecanismo dos incêndios de maneira geral, pode-se destacar que a Segurança Contra Incêndio - SCI se encontra subdividida nos seguintes grupos de Medidas de Proteção Contra Incêndio – MPCCI, conforme Seito et al. (2008):

- Prevenção de incêndio.
- Proteção contra incêndio.
- Combate a incêndio.
- Meios de escape.

- Gerenciamento.

A prevenção envolve as medidas de segurança contra incêndio que tenham como objetivo evitar incêndios, cuja importância está relacionada a quantidade e maior fracionamento do combustível (gases, vapores, poeira). De maneira geral, podem ser descritos como as medidas que atuam no controle dos materiais combustíveis em termos de armazenamento e quantidade estocada; das prováveis fontes de calor, como por exemplo, solda, eletricidade, fagulhas de cigarro, entre outros; e do treinamento dos indivíduos para a adoção de hábitos e atitudes preventivas (SEITO et al., 2008).

Na proteção são articuladas medidas que tem como premissa básica tornar mais difícil a propagação do incêndio e manter a estabilidade da edificação. De forma geral, são decompostas em proteções ativas e passivas, conforme atuem reagindo ou não em caso de incêndio. Pode-se citar como modelos de medidas de proteção passiva as paredes e portas corta-fogo; diques de contenção; armários e contentores para combustíveis; afastamentos; proteção estrutural, controle dos materiais utilizados no acabamento. Os exemplos de medidas de proteção ativas podem ser destacados como o sistema de ventilação e exaustão da fumaça; sistema de chuveiros automáticos, os sprinklers (SEITO et al., 2008).

O processo de combate abrange tudo que é utilizado para se extinguir incêndios, entre eles, os equipamentos manuais como hidrantes e extintores utilizados por equipes treinadas; sistemas de detecção e alarmes; sistemas automáticos de extinção; corpo de bombeiros públicos e privados; qualidade do acesso à edificação pelo socorro público; reserva de água; entre outros.

Os meios de escape de maneira geral, são constituídos por medidas de proteção passiva, como por exemplo, escadas que apresentam condições de segurança; paredes e portas do tipo corta-fogo. Os elementos que podem ser incluídos na proteção ativa, são os sistemas de pressurização de escadas e outros. Estes meios de escape ainda estão sujeitos aos sistemas de detecção, alarme e iluminação de emergência e, em alguns casos, de uma interferência complementar de equipes treinadas para tornar possível o escape, de maneira especial em locais de reunião pública. Os autores destacam essa medida de proteção contra incêndio das outras por causa de sua importância essencial para a vida humana e por sua atuação fundamental nos trabalhos de resposta a emergências, porque as equipes de resposta normalmente acedem a edificação e as vítimas por meios de escape.

O Gerenciamento foi incluído como medida de proteção contra incêndio por abranger todas as medidas administrativas e cotidianas, como o treinamento e reciclagem das equipes de resposta a emergências, implantação de um plano e um procedimento de emergência, manutenção dos equipamentos instalados, a conformação dos meios instalados com o risco existente de maneira constante, entre outros.

Ainda para Seito et al. (2008) a Segurança Contra Incêndio se desenvolve com a presença de todas as medidas destacadas de maneira igual. Assim, acredita-se ser importante entender o mecanismo do incêndio a partir do entendimento da representação do fogo, da combustão, do mecanismo de combustão, entre outros.

2.2.2 Representação Gráfica do Fogo

De acordo com Seito et al. (2008) para efetivar a representação gráfica do fogo, primeiramente foi designada a teoria denominada como Triângulo do Fogo (Figura 6) que esclarece os meios de extinção do fogo pela remoção do combustível, do comburente ou do calor. Assim, pode-se interpretar a referida figura geométrica plana a partir dos três elementos que constituem cada lado do triângulo, combustível, comburente e calor, como coexistentes e coligados para que o fogo se sustente.

Contudo, partindo do descobrimento do agente extintor denominado *halon*, foi preciso modificar a teoria, que hoje em dia se conhece como Tetraedro do Fogo (Figura 7). A interpretação desta figura geométrica espacial é: cada um dos quatro lados se constitui a representação de um elemento do fogo, combustível, comburente, calor e reação em cadeia, precisando coexistirem unidos para que haja a manutenção do fogo.

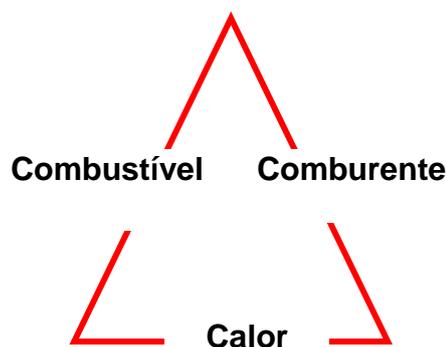


Figura 6 – Triângulo do fogo
 Fonte: adaptado de Seito et al. (2008, p. 35).



Figura 7 – Tetraedro do fogo
 Fonte: Seito et al. (2008, p. 36).

Conforme Seito et al. (2008) para começar o fogo e mantê-lo no material combustível é necessário a influência de diversos fatores, a saber, estado da matéria, sólida, líquida ou gasosa; massa específica; superfície específica; calor específico; calor latente de evaporação; ponto de fulgor; ponto de ignição; mistura inflamável; quantidade de calor; composição química; quantidade de oxigênio disponível; grau de umidade, entre outros.

2.2.3 Combustão

Para Seito et al. (2008) a partir do início do fogo deve-se considerar o mecanismo de transmissão da energia, no caso do fogo, a condução do calor, convecção do calor e radiação de energia. Cada forma de transmissão da energia influencia na manutenção e no crescimento do fogo e pode ser visualizada a partir da Figura 8:

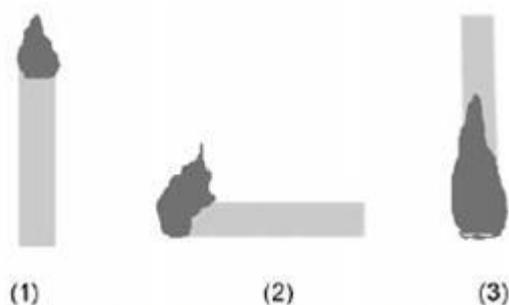


Figura 8 - Influência da condução, convecção e radiação na combustão

Fonte: Seito et al. (2008, p. 36).

(1) a condução do calor é preponderante, a radiação de energia contribui e a convecção praticamente não contribui.

(2) a radiação de energia e a condução do calor são preponderantes, a convecção do calor participa pouco.

(3) a condução do calor, convecção do calor e a radiação de energia contribuem proporcionalmente.

Ponderando-se que se refere ao mesmo combustível, se diferencia o tempo de queima nos três casos retratados acima e o tamanho das chamas é distinto para o mesmo período de queima. A condução do calor se refere ao mecanismo que transmite a energia (calor) através do material sólido. A convecção do calor está relacionada a forma pela qual a energia (calor) é transmitida pela movimentação do meio fluido aquecido (líquido ou gás). A radiação de energia se refere a maneira como a energia se conduz por ondas eletromagnéticas.

2.2.4 Mecanismo de Ignição dos Materiais Combustíveis

Para Drysdale (1997) os combustíveis sólido, líquido e gasoso apresentam mecanismos distintos no processo de ignição do fogo:

a) Combustível sólido

Segundo o autor, o combustível sólido quando colocado em exposição a um certo nível de energia, seja calor ou radiação, passa por um processo de decomposição térmica, conhecido como pirólise e produzem elementos gasosos como o gás e o vapor que, na presença do oxigênio do ar desenvolve uma mistura inflamável ou explosiva. Essa mistura em contato com uma fonte de energia ativante como, por exemplo, faísca, chama ou centelha se incendeia.

Se o grau de energia que incide sobre o sólido for suficiente para a manutenção da razão da pirólise para determinar a mistura inflamável, a combustão será continuada. Esta continuação da combustão acontece em grande parte dos casos, devido ao calor da própria chama do material em combustão.

Já no caso de alguns pós de material orgânico e alguns metais predispostos a combustão instantânea ou explosão quando se encontram em suspensão no ar, não tem a pirólise como mecanismo de combustão.

Os elementos pirofóricos sólidos não seguem o mecanismo apresentado. São eles: magnésio (Mg), alumínio (Al), urânio (U), sódio (Na), potássio (K), lítio (Li), zircônio (Zr), cálcio (Ca), titânio (Ti).

b) Combustível líquido

De acordo com Seito et al. (2008) o combustível em estado líquido quando colocado em contato com um grau de calor específico não passa por decomposição térmica, mas, sim, pelo fenômeno físico de evaporação, representado pela liberação dos vapores que quando se coloca em contato com o oxigênio do ar, configura uma mistura inflamável que em face da presença de uma fonte de energia ativante se inflama.

A queima continuará no caso do líquido atingir a sua temperatura de combustão. Os combustíveis líquidos são quase todos derivados de petróleo, sendo denominados hidrocarbonetos. Destacam os autores que as substâncias oleígenas extraídas de plantas e gorduras animais possuem mecanismo similar no caso de ignição, aos derivados de petróleo.

Conforme destaca Drysdale (1997) a evaporação dos líquidos segue uma taxa diretamente proporcional ao seu aquecimento, sendo uma propriedade inerente ao líquido e por isso pode-se definir os seus ponto de fulgor e ponto de combustão.

c) Combustível gasoso

Considera-se gasoso quando este se apresenta na forma de gás ou vapor na temperatura do ambiente. Quando esse combustível é colocado em contato com o oxigênio do ar é formada uma mistura inflamável, que quando na presença de uma energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama.

Os combustíveis gasosos são, comumente, as frações mais leves do petróleo.

Mas existem gases combustíveis também conhecidos que não derivam do petróleo são: hidrogênio, o monóxido de carbono, amônia, dissulfeto de carbono.

2.2.5 Dinâmica do Fogo

Conforme Drysdale (1997), o processo da combustão, é fundamentado na teoria dos gases para gerar o estudo do fogo e exibe as equações do desenvolvimento do fogo e do desempenho dos produtos da combustão. Os temas a serem desenvolvidos neste aspecto são:

- razão de queima e de desenvolvimento de calor.
- leis dos gases ideais.
- pressão de vapor dos líquidos.

A causa da queima e desenvolvimento do calor consiste em que o gasto do material na combustão está precisamente conexo à diferença entre o calor fornecido pela chama e a perda de calor no plano do material em combustão e opostamente adequado ao calor indispensável para decompor o material em voláteis.

Pode-se considerar o fluxo de calor como o agente de energia desenvolvida dentro da chama e o mecanismo da transferência de calor envolvido.

Um pré-requisito para qualquer estudo do fenômeno do fogo é ter um conhecimento detalhado da transferência do calor.

O valor do estudo da fase gasosa do fogo está fundamentado no mecanismo de ignição dos materiais combustíveis e no procedimento de propagação do incêndio.

Segundo Seito et al. (2008) o fogo gera calor, ocasionando a alteração substancial na temperatura ao seu redor como consequência da transferência do calor das chamas e dos gases da combustão formados a altas temperaturas. A maior parte dos produtos é gasosa e seu desempenho pode ser explicado usando-se a lei dos gases ideais.

Para os autores, diminui-se a temperatura ao atingir o próximo do ponto de liquefação quando existe desvio do comportamento ideal que é aumentado. Todavia, a lei pode ser empregada de distintas maneiras de forma a interpretar e ilustrar os aspectos do comportamento do incêndio.

De acordo com Drysdale (1997) pode-se calcular a densidade ou concentração de um gás, partindo-se da composição do ar normal, por exemplo, onde o volume se mantém constante, como consequência a pressão irá se elevar de maneira diretamente proporcional à elevação da temperatura. Em contrapartida, se a

pressão se permanece constante, o gás se expandirá fazendo sua densidade diminuir.

Desta forma, segundo Seito et al. (2008) no caso de um incêndio, as altas temperaturas ocasionadas pela queima dos gases constituirão fluxos de grande força de flutuação determinada pela diferença das densidades dos gases quentes e do ar atmosférico. Estas densidades desenvolvem diferenças de pressão, que mesmo diante do fato de serem pequenas em termos de valores absolutos, respondem pela introdução do ar na base do fogo e pela saída forçada da chama e dos gases quentes de locais fechados.

Os autores citados colocam que o mecanismo de pressão de vapor dos líquidos se mostra a partir da ideia de que qualquer líquido exposto à atmosfera tende a evaporar, despreendendo moléculas de sua superfície para constituir o vapor.

No caso do sistema ser fechado, o estado do equilíbrio cinético será alcançado no momento em que a pressão parcial de vapor acima da superfície chega ao nível onde não existe perda por evaporação. No caso de líquidos puros, apresenta-se a pressão de vapor saturado, que se constitui numa fator que se modifica com a temperatura.

2.2.6 Fumaça do Incêndio

Seito (1985) define a fumaça como uma mistura de gases, vapores e partículas sólidas finamente repartidas, sendo sua composição química de alta complexidade, da mesma forma que o seu mecanismo de formação. Assim, a fumaça se constitui como o produto da combustão que mais atinge os indivíduos quando em rota de abandono da edificação incendiada. Sua presença pode ser notada visualmente ou pelo cheiro.

A fumaça formada em um incêndio prejudica a segurança dos indivíduos por causa dos efeitos que origina da seguinte forma:

- dificulta a visualização das rotas de fuga;
- tira a visibilidade por ocasionar lacrimejamento, tosses e sufocamento;
- eleva o batimento cardíaco por causa da presença de gás carbônico;
- provoca pânico porque ocupa grande volume no ambiente;
- provoca o pânico também por causa do lacrimejamento, tosse e sufocamento;

- torna a movimentação dos indivíduos debilitada devido ao efeito tóxico de seus elementos.
- Apresenta grande mobilidade chegando a alcançar ambientes afastados em questão de minutos.

A produção da fumaça na combustão corresponde aproximadamente ao volume do ar que se insere na coluna dos gases quentes em cada segundo, sendo que o volume do ar na coluna está relacionado diretamente ao:

- perímetro do fogo;
- calor gerado pelo fogo.

A indicação visual individual da densidade da fumaça está sujeita a distância que um indivíduo consegue enxergar através desta fumaça e esta se constitui na característica básica para a definição do risco de uma quantidade determinada de fumaça.

Segundo Butcher; Parnell (1979) a visibilidade de um indivíduo dentro do ambiente com fumaça está sujeito de diversas condições; algumas delas relacionadas à fumaça, outras referentes ao ambiente e outras do próprio indivíduo. Estas condições podem ser agrupadas, como segue:

- fumaça: cor, tamanho das partículas, densidade e efeitos fisiológicos;
- ambiente: tamanho e cor do objeto observado, iluminação no objeto;
- observador: estado físico e mental, determinado em condições laboratoriais ou em estado de tensão ou pânico num incêndio real.

Seito et al. (2008) colocam que grande parte dos dados conseguidos sobre o mecanismo e características dos incêndios são determinados em laboratório e poucos a partir de incêndios reais. Nestes testes laboratoriais diversos estudiosos estabeleceram a relação entre a visibilidade e a densidade de fumaça, considerando dois cenários de iluminação: a frente do objeto e atrás do objeto.

Desses estudos foi possível estabelecer duas relações simples e práticas para determinação da visibilidade através da fumaça:

- iluminação pela frente do objeto
- iluminação por detrás do objeto

A partir disso se determinou que a visibilidade mínima admissível para as rotas de fuga é de 5 m, ou seja, corresponde a densidade ótica por metro de 0,2,

valor este que para ser alcançado necessita da diluição da fumaça original do incêndio em 50 vezes seu próprio volume com ar livre de fumaça.

De acordo com Metidieri (1998) a composição química da fumaça é bastante complexa e variável, chegando a possuir duas centenas de substâncias, cuja porcentagem varia com o estágio do incêndio. A formação dessas substâncias recebe influência da composição química dos materiais em combustão, da oxigenação e do nível de energia (calor) desprendido no processo.

A toxicidade desta fumaça está relacionada com as substâncias gasosas que a constituem, sendo as mais comuns, segundo Seito et al. (2008):

a) monóxido de carbono - CO

Substância encontrada em todos os incêndios representando o resultado da combustão incompleta de materiais combustíveis a base de carbono, como por exemplo, madeiras, tecidos, plásticos, líquidos inflamáveis, gases combustíveis, entre outros.

Como efeito tóxico deste gás pode-se apontar a asfixia porque este substitui o oxigênio no processo de oxigenação do cérebro realizado pela hemoglobina que é o elemento constituinte do sangue que tem a seu encargo a oxigenação das células do corpo humano. A hemoglobina fixa o oxigênio no pulmão constituindo o composto designado como oxihemoglobina.

Segundo os autores acima citados, no momento em que o oxigênio é substituído pelo monóxido de carbono, forma-se o composto chamado carboxihemoglobina que gera a asfixia do cérebro pela deficiência de oxigênio. Esse processo pode ser revertido, contudo de forma lenta, assim quando os indivíduos são afetados por este gás é imprescindível que recebam muito oxigênio e se mantenham em repouso.

A anóxia determinada pelo monóxido de carbono não para com a respiração do ar fresco como no caso da asfixia simples, sendo que mesmo após moderado grau de exposição ao ar livre, apenas aproximadamente 50% do monóxido de carbono inalado é eliminado na primeira hora em circunstâncias comuns e sua eliminação completa será somente após algumas horas exposto ao ar fresco.

Os autores destacam que a concentração máxima de monóxido de carbono ao qual um indivíduo pode ser exposto sem sentir seu efeito é de 50 ppm (parte por milhão) ou 0,005%, em volume no ar. Acima deste nível surgem sintomas como dor de cabeça, fadiga e tonturas.

b) gás carbônico - CO₂

É uma substância que também se pode encontrar em todos os incêndios e é resultante da combustão completa dos materiais combustíveis a base de carbono.

Para Seito et al. (2008) a toxicidade do gás carbônico é controversa, pois alguns estudiosos não o mencionam como gás tóxico afirmando que o mal-estar sentido pelos indivíduos que inalaram fumaça é por causa da diminuição da concentração de oxigênio pela sua presença no ambiente, enquanto outros afirmam que se trata de um gás tóxico. Contudo, pode-se constatar como efeito nos indivíduos que aspiram o gás carbônico a estimulação da respiração, a dilatação dos pulmões e o aumento dos batimentos cardíacos.

Estes efeitos da intoxicação podem ser sentidos na concentração de 5% do referido gás e após a exposição por 30 minutos; acima de 7% sobrevém a inconsciência, sendo que o limite tolerável pelos seres humanos fica em torno de 5.000 ppm ou 0,5% em volume no ar.

c) gás cianídrico, cianeto ou cianureto de hidrogênio - HCN

Segundo Metidieri (1998) este gás é produzido quando materiais que contêm nitrogênio em sua estrutura molecular passam por uma decomposição térmica. Os materiais mais comuns que se decompõem em gás cianídrico quando queimado são: seda, náilon, orlon, poliuretano, uréia-formoldeído, acrilonitrila, butadieno e estireno.

Anseeuw et al. (2013) colocam que gás cianídrico e outros compostos cianógenos bloqueiam as atividades de seres vivos porque exerce ação inibidora de oxigenação nas células vivas do corpo.

d) gás clorídrico - HCl

De acordo com Seito et al. (2008) é um gás da família dos halogenados; os outros são HBr (gás bromídrico), HF (gás fluorídrico) e HI (gás iodídrico). O cloro é o halogênio empregado para bloquear o fogo nos materiais sintéticos, sendo corriqueiro encontrá-lo nas estruturas dos múltiplos materiais de construção constituídos por cloreto de polivinil - PVC. O efeito nocivo a saúde humana é danificar a mucosa do aparelho respiratório quando inalado na forma de ácido clorídrico associado a umidade da mucosa, ocasionando irritação quando a concentração é pequena, tosse e ânsia de vômito em concentrações maiores e finalmente lesão seguida de infecção nos casos de grandes exposições.

e) óxidos de nitrogênio – Nox

Existe uma enorme variedade de óxidos, óxi-ácidos e óxi-anions, que correspondem aos estados de oxidação do nitrogênio de +1 a +5 pode ser constituída em um incêndio.

As formas mais usuais são o monóxido de dinitrogênio (N_2O); óxido de nitrogênio (NO); dióxido de nitrogênio (NO_2) e tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4). O óxido de nitrogênio não é localizado livre no ar livre devido a sua grande reatividade com o oxigênio constituindo o dióxido de nitrogênio.

Seito et al. (2008) destacam que esses componentes são muito irritantes primeiramente; em seguida, passam a ser anestésicos atacando em especial, o aparelho respiratório, onde forma os ácidos nitroso e nítrico quando em contato com a umidade da mucosa. Esses óxidos são gerados, sobretudo, pela queima de nitrato de celulose e decomposição dos nitratos inorgânicos.

f) gás sulfídrico - H_2S

Este gás é bastante comum nos incêndios, sendo fruto da queima de madeira, alimentos, gorduras e produtos que possuam enxofre. O efeito tóxico sobre o ser humano é a paralisação do sistema respiratório e danos ao sistema nervoso.

g) gás oxigênio - O_2

O consumo do oxigênio no processo de combustão dos materiais diminui a concentração do mesmo no ambiente enfumaçado, sendo este o principal fator de risco à vida dos sujeitos.

Outros gases podem ser encontrados na fumaça de incêndios, como por exemplo, o dióxido de enxofre - SO_2 , a acrilonitrila - CH_2CHCN , o formaldeído – HCHO, o fosgene – COCl, entre outros.

2.3 RISCO DE INCÊNDIO EM MINAS SUBTERRÂNEAS

Para Claret (2009) a engenharia de incêndio é definida por designar o domínio da ciência e da técnica que trata dos incêndios e de suas consequências sobre o meio ambiente, os seres humanos e as operações.

Conforme demonstra Thyer (2002) a fim de atender aos requisitos legais é necessário que os gerentes de minas prevejam o potencial para incêndios ou explosões subterrâneas e seu impacto sobre a força de trabalho e o sistema de ventilação de minas. Um desses meios de fazê-lo consiste em proceder a uma

avaliação de risco para identificar prováveis locais passíveis de incêndio ou explosão para permitir a quantificação dos seus efeitos.

Ambos, fogo e explosão devem ser considerados como incêndios, pois um pode ser resultado do outro e vice-versa. Mesmo um pequeno indício de fogo deve ser considerado como sendo um risco importante do ponto de vista de poder significar o estopim de uma explosão.

As normas regulamentadoras NR-15 - insalubridade e NR-22 - segurança e saúde ocupacional na mineração (Anexo A) instituídas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), a NRM – Norma Regulamentadora de mineração 06 da Portaria nº 237, de 18 de outubro de 2001, do Departamento Nacional de Produção Mineral DNPM, determinam as condições de quantidade e qualidade do ar que devem ser mantidos no interior das minas. Os limites impostos às mineradoras por estas normas estão cada vez mais rigorosos visando a garantia de condições de trabalho aos empregados mais adequadas tendo em vista questões como segurança e salubridade. Estas exigências legais preconizam que os responsáveis pela mina devem determinar os potenciais de incêndios ou explosões acidentais no subsolo, além de definir de maneira eficaz como os impactos podem refletir nos trabalhadores ali presentes e na própria operação da mina, segundo o item 22.28 - Proteção contra incêndios e explosões acidentais da NR-22. Uma das formas para prever os fatores predisponentes e consequências é desenvolver uma análise de riscos de incêndios em operações de subsolo.

De acordo com Machado (2011) uma seleção de fatores de riscos está de maneira usual, presente em minas subterrâneas e o conhecimento dos mesmos é fundamental para que se mantenha uma estratégia que extinga ou torne mínimo os riscos que deles podem decorrer. De maneira geral, calcula-se o risco por meio da probabilidade ou possibilidade de um evento acontecer ou não e da consequência ou impacto que o mesmo pode acarretar a uma atividade ou negócio. Nessa avaliação é necessário que seja incluído a identificação de todas as possíveis fontes de começo e de desenvolvimento de um incêndio, além da geração de fumaça ou gases tóxicos que teriam capacidade de por em risco a vida dos indivíduos e dos bens materiais.

Conforme coloca Seito et al. (2008) a Norma Técnica Brasileira - NBR 13860 – Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio, traz a definição de fogo como sendo o processo de combustão que se caracteriza pela

emissão de calor e luz, contudo, destacam que não existe concordância entre os estudiosos para conceituar o fogo e, desta forma, os autores trazem duas definições:

- Estados Unidos da América – segundo a *National Fire Protection Association* – NFPA define fogo como a oxidação instantânea autossustentada seguida de evolução variável da intensidade de calor e de luz;
- Internacional – de acordo com a ISO 8421-1- *General Terms and phenomena of fire*, que conceitua fogo como o processo de combustão que tem por característica a emissão de calor juntamente com fumaça, chamas ou os dois.

A partir do exposto em *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission* - COSO (2007), todos os empreendimentos têm que lidar com incertezas, e o maior desafio que os administradores têm que enfrentar é definir até que ponto devem acolher essas incertezas, além de determinar como as mesmas podem intervir no empenho para originar valor às partes interessadas. Essas dúvidas acontecem na forma de eventos que podem originar impactos positivos e/ou negativos e neste caso, a gestão de riscos precisa aumentar a probabilidade de sucesso.

Os componentes indispensáveis para monitorar os riscos são, de acordo com Machado (2011):

- Identificação dos fatores de riscos

A identificação dos fatores ou fatos desfavoráveis deve ser discutida de forma sistemática visando garantir que todos os fatos sejam identificados e que todos os fatores que possam dar origem a esses sejam determinados. Nesta etapa, o campo a ser analisado deve ser percorrido metodicamente no que se refere a aspectos geográficos para se elencar os componentes, identificar as atividades atreladas e também os cargos e as tarefas desempenhadas, para identificar os fatores de riscos presentes ou possíveis. Esse processo de investigar metodicamente os distintos campos do empreendimento deve trazer a possibilidade de se examinar todas as fontes de energia presentes ou potenciais, todas as substâncias tóxicas, os processos e os indivíduos sujeitos a eles.

- Caracterização do risco

Nesta fase, surge a exposição dos efeitos potenciais associados com os eventos. Este processo de análise de risco deve focar o exame das fontes de risco,

as implicações e a perspectiva do evento de risco antecipadamente, para só então, implementar qualquer controle existente ou tratamento para alcançar a classificação de risco pré-tratamento.

- Avaliação da exposição

Está relacionada ao estudo da evolução do fenômeno, levando-se em consideração a variável tempo. O processo de análise de risco precisa considerar os controles existentes e reavaliar as implicações e a possibilidade do evento de risco para atingir uma classificação pós-tratamento ou de risco residual. Os riscos reconhecidos precisam ser relatados de maneira estruturada por meio de uma matriz e categorizados apropriadamente. Os riscos que apresentam potencialidade para provocar impacto extremo ou excepcional, segundo determinado pela matriz, devem ser identificados e armazenados de maneira independente de sua probabilidade, nos casos onde possuam potencial para promover impactos severos a operação, e por isso devem ser avaliados e abordados com atenção especial.

- Atividades de controle

A figura 9 traz o fluxograma que representa uma abordagem para a avaliação de riscos de incêndios, tendo-se em conta o fluxo proposto pela norma norte americana nº 4360 trazida por Machado (2011).

Para que se possam garantir que as respostas aos riscos sejam desempenhadas eficazmente, deve-se estabelecer políticas e procedimentos e também incluir auditorias do sistema. Neste processo deve-se adotar alguns princípios fundamentados nas indicações regulamentares também no âmbito do planejamento de ventilação, destacando-se o artigo 22.28 na NR-22 que determina que "nas proximidades dos acessos à mina subterrânea não devem ser instalados depósitos de produtos combustíveis, inflamáveis ou explosivos" e, a "proibição de fumar em subsolo"

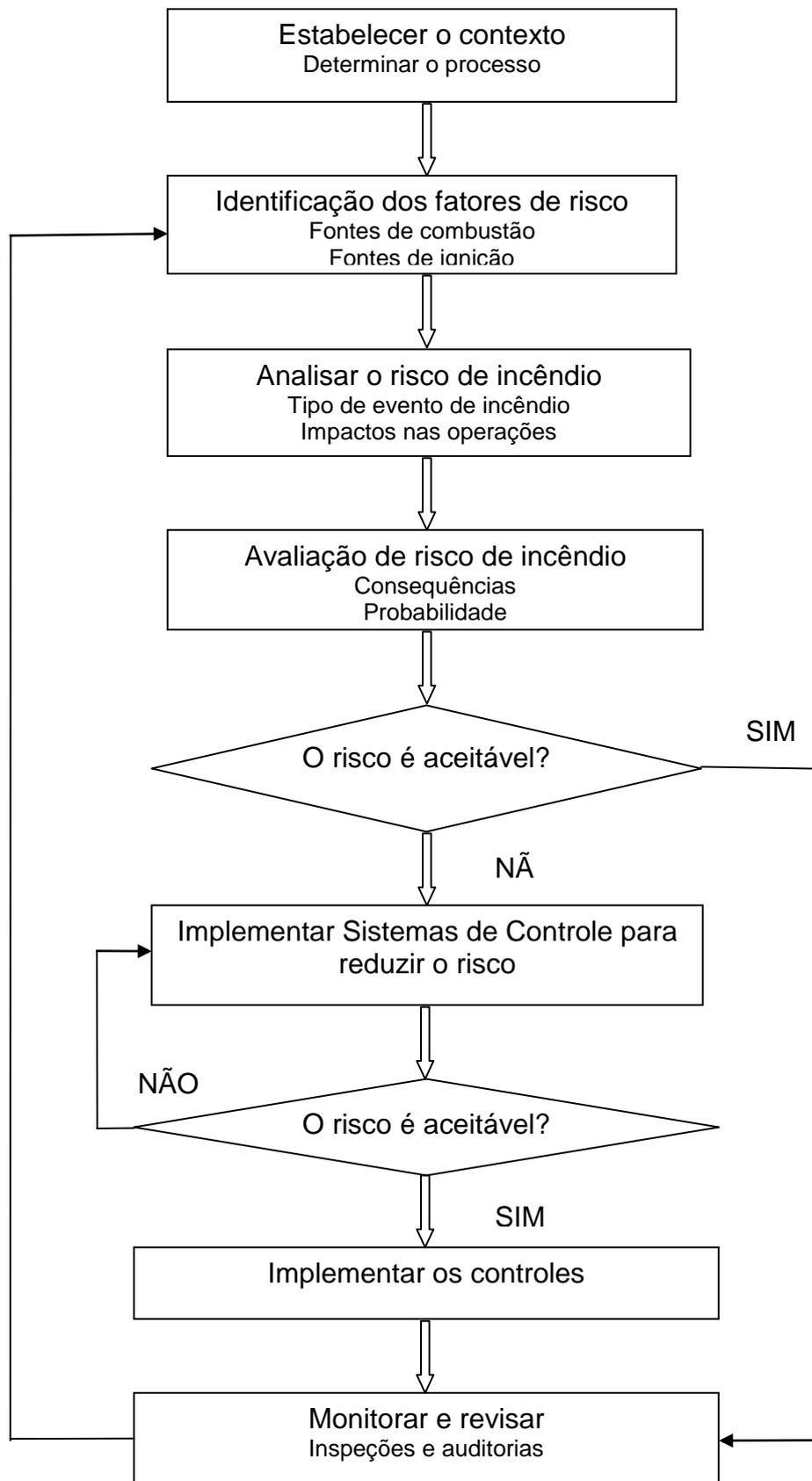


Figura 9 – Modelo de fluxograma da análise de riscos de incêndios
 Fonte: adaptado de Machado (2011, p 59).

Para Thyer (2002) uma metodologia para a avaliação dos riscos de incêndio pode se pautar por:

1) Identificação dos materiais presentes e método de seleção de materiais

- identificar materiais, quantidade e localização;
- promover testes de revisão utilizados como base para a seleção de tais materiais capaz de identificar suas deficiências;
- prever as possíveis mudanças na resistência ao fogo dos materiais devido à contaminação com pó, presença de material combustível ou ainda o envelhecimento de produto.

2) Considerar a possibilidade de crescimento do fogo

- estabelecer a probabilidade de propagação de incêndio além de fonte, para incluir:
 - tamanho do fogo original e material envolvido;
 - considerar os dados de resistência ao fogo para os itens que podem estar sujeitos às chamas.

3) Para detectar um incêndio

- existência de pessoal capacitado para detectar um incêndio: uso de detectores de fumaça para monitoramento ambiental e detectores visuais para os pontos quentes, entre outros.

4) Comunicação e evacuação

- existência de sistemas de comunicação confiáveis no local para coordenar as operações de incêndio e de resgate;
- realização de simulação por meio de exercícios práticos;
- determinar como a propagação da fumaça afeta as medidas de extinção do incêndio e de resgate;
- possibilidade de utilização do sistema de ventilação para ajudar as medidas de extinção do incêndio e de resgate.

Por meio da utilização das etapas acima, deve ser possível identificar os tipos de incêndio mais comuns e suas causas, bem como as possíveis melhorias a serem implementadas.

Pode-se destacar uma possível metodologia de avaliação de risco de incêndio prática baseada nas normas relativas à mineração:

- identificação do potencial de incêndio;

- avaliação das consequências dos incêndios;
- determinação da necessidade de proteção contra incêndio e,
- seleção de opções de proteção contra incêndio apropriadas.

As etapas de avaliação sugeridas são:

1) Identificar o potencial de incêndio

a) As fontes de ignição

- temperaturas elevadas, por exemplo, motores, sistemas de escape, turbo compressores, e dispositivos defeituosos, tais como rolamentos, freios e engrenagens;
- baterias elétricas, geradores, painéis de instrumentos, etc.
- área de corte e solda;
- ignição espontânea.

b) As fontes de combustível

- resíduos combustíveis, madeira, trapos, isolamento elétrica, estofados, mangueira, pneus;
- óleo diesel, alguns fluidos hidráulicos, refrigerantes, gorduras, óleos, solventes de limpeza.

c) Probabilidade de coexistência de combustível e fonte de ignição

- proximidade de combustível com as fontes de ignição. Analisar equipamento para determinar as áreas onde lubrificantes hidráulicos ou de linhas de combustível estão em proximidade com a possível fonte de ignição;
- analisar últimos incidentes de fogo para indicar possíveis áreas com problemas futuros.
- qualidade de manutenção.
- serviço de limpeza.
- danos operacionais, por exemplo, o material pode rolar/cair em equipamentos causando danos para linhas hidráulicas ou elétricas ou componentes/fiação.

2) Avaliação das consequências de incêndio

a) a exposição pessoal

- a exposição direta do operador ou pessoas próximas ao calor, fumaça, fumaça tóxica;
- exposição de pessoal distante por fumaça transportada por ventilação das minas;

- aumento da severidade do fogo por propagação de equipamentos ou ponto de origem para outros materiais combustíveis, como suportes de madeira, etc.;
- reversão do fluxo de ventilação

b) riscos econômicos

Determinar os custos econômicos de um incêndio em uma peça de equipamento, incluindo a possibilidade de danos, custos de interrupção de negócios e os custos se o fogo se espalha além do ponto de origem.

3) determinar a necessidade de proteção contra incêndios

Se as análises de risco mostram riscos inaceitáveis para as pessoas, riscos econômicos, ou ambos, medidas adequadas de proteção contra incêndios devem ser determinadas.

4) seleção da proteção contra incêndios apropriada

a) Redução de Risco

- design de equipamento - avaliar projeto para determinar se o risco pode ser reduzido por meio de alterações no projeto;
- procedimentos operacionais – a ameaça de incêndio pode ser reduzida através da implementação de políticas e procedimentos eficazes;
- avaliação – questionar se a empresa adota medidas de redução de risco de incêndio. Em caso positivo nenhuma outra ação é necessária, se a resposta for negativa, a implantação de uma ação é necessária para reduzir os riscos, ou fixação de sistemas de supressão e detecção, ou ambos.

b) equipamento de detecção de incêndio

Os detectores ou gatilhos para sistemas de extinção de fogo listados na norma de orientação NR-22 como sendo usado na indústria de mineração são:

- fusíveis de tubo de plástico - tubo de plástico pressurizado equipado com um sensor de pressão que provoca a descarga do extintor no caso de perda de pressão;
- termistor - dispositivo do tipo linha, com um elemento sensor que consiste de um tubo fino que contém dois fios separados por um material que apresenta resistência ou mudanças de capacitância com a temperatura;
- Hidreto de metal - um dispositivo constituído por um tubo que contém um fio de hidreto metálico. Quando aquecido o hidreto de hidrogênio se decompõe

liberando a pressurização do mesmo. A detecção é conseguida através da monitorização da pressão no interior do tubo.

c) colocação do detector

Deve-se considerar a configuração física da área ou equipamento a ser protegido, a sua proximidade a um incêndio, a temperatura ambiente, o grau de exposição mecânica dos detectores, a possibilidade de choque ou vibração, presença de poeira, os fluxos de ventilação, etc.

d) Opções de controle

Deve-se considerar as seguintes questões:

- Como é a ativação do sistema de supressão, automático ou manual, ambos;
- Notificar sala de controle de ativação;
- Parada do equipamento de detecção.

e) equipamento de supressão de incêndios

Identificar alternativas de proteção contra incêndio e equipamentos de supressão disponíveis.

- proteção portátil;
- sistemas de extinção fixos.

f) agentes de supressão de incêndio

Determinar o agente de supressão mais adequado para o fogo identificado e equipamento a ser utilizado.

A equipe de avaliação de risco deve ser constituída por pessoal de todas as disciplinas representadas na área afetada. Isto pode incluir a gerência a quem cabe a responsabilidade final, engenheiros eletricitas e mecânicos, pessoal de segurança de minas, entre outros.

2.3.1 Estratégias de Controle e Escape

De acordo com Kovac et al. (2009) quando sobrevém um incêndio em mina subterrânea o procedimento básico de sobrevivência para qualquer trabalhador no interior da mesma é procurar escapar desta. Nas minas atualmente pode-se encontrar uma grande quantidade de materiais sintéticos utilizados na proteção de cabos elétricos, na composição dos pneus de máquinas e equipamentos ou nos

combustíveis e lubrificantes, cujo produto final quando ocorre um incêndio é o surgimento de gases tóxicos, fumaça e carência de oxigênio.

Assim, para Machado (2011) diante destas ocorrências, fugir é uma estratégia potencialmente impraticável, a menos que os indivíduos estejam equipados com máscaras de fuga que fornecem seu próprio oxigênio, independente de fonte exterior. Contudo, máscaras de fuga tipo filtro químico não devem ser usadas nestes casos porque estes equipamentos apenas fornecem proteção respiratória contra monóxido de carbono e não devem ser utilizadas em ambientes que contenham menos de 19,5 % de oxigênio nem naqueles que apresentem outros gases tóxicos e vapores.

O corpo humano consome uma quantidade de oxigênio variável de acordo com o esforço físico feito, assim, um indivíduo em repouso consome cerca de 0,26 litros por minuto de oxigênio. Já quando este indivíduo está desenvolvendo um esforço intenso o consumo pode alcançar até oito vezes esse valor.

No caso de máscaras de fugas com capacidade de fornecimento exposta de setecentos e cinquenta litros de oxigênio, o consumo de oxigênio, independente das características tecnológicas das máscaras, é definido por vários fatores, entre eles, as características fisiológicas dos usuários e a natureza física das rotas de fuga.

Desta forma, o método de fuga deve se compor por quatro etapas e considerar a demanda ventilatória conforme o tipo de terreno, e compreende os seguintes passos (MACHADO, 2011, p. 63):

- Determinar a categoria da rota de fuga no que se refere a postura do corpo, a inclinação e altura da rota de fuga.
- Medir as distâncias em metros.
- Ter início no ponto onde o indivíduo estiver trabalhando, multiplicar pela distância de cada componente do caminho associado com a demanda ventilatória concernente.
- Quando a adição da respectiva demanda de oxigênio for igual a 750 litros, a distância máxima segura que a máscara ampara o indivíduo foi alcançada.

2.3.2 Câmaras de Refúgio

Para Machado (2011) a finalidade de uma câmara de refúgio é aprovisionar e sustentar a vida dos indivíduos no subsolo no caso de uma emergência relacionada

com um incêndio, com a presença de gases tóxicos ou nocivos, entre outras. Diante disso, uma câmara de refúgio precisa estar capacitada a manter um ambiente habitável a qualquer hora, e manter-se íntegra pelo tempo necessário para que se restabeleçam as condições normais ou até que os indivíduos sejam resgatados.

As câmaras de refúgio devem ser instaladas perto dos locais de trabalho, levando em conta as necessidades das pessoas que trabalham neste local e os potenciais riscos que enfrentam. Recomenda-se que a distância máxima que separa um trabalhador de uma câmara de refúgio deve basear-se na capacidade de uma pessoa, em um razoável estado de aptidão física, possa andar a uma velocidade de caminhada moderada, usando 50% da capacidade nominal da máscara de fuga utilizada. A principal função de uma câmara de refúgio subterrâneo é fornecer um refúgio seguro para as pessoas que trabalham no entorno imediato, no caso de a atmosfera se tornar irrespirável. A dimensão da câmara deve prever que outras pessoas como supervisores, topógrafos, geólogos e técnicos de serviço também podem precisar usar o recurso. Assim, as câmaras de refúgio devem prever que o número de pessoas pode variar e assim fazer a provisão para uma capacidade de refúgio que atenda mais que o dobro do pessoal em operação no local ou implementar um sistema para limitar o número de pessoal na área (GUIDELINE, 2008).

Ainda, partindo de experiências mundiais de incidentes, as informações obtidas sugerem que as câmaras de refúgio sejam dotadas de sistema de sustentação de vida que tenha a duração entre duas e dez horas. Para isso, o método mais adequado é basear a recomendação em um pior cenário (GUIDELINE, 2008).

De acordo com Brake (1999) deve-se sempre que possível, localizar as câmaras de refúgio:

- Em rotas principais ou normais de passagem onde possuam alta visibilidade e podem ser reconhecidas facilmente pelo trabalhador;
- Nos locais onde existe a necessidade de mais de uma câmara, estas devem estar dispostas de maneira a maximizar as opções dos trabalhadores em acessá-las quando vêm de rotas ou direções distintas;
- Deve ser localizado a pelo menos 60 m de distância de depósitos de explosivos ou acessórios;

- Sua posição deve estar a pelo menos 15 m de transformadores que possuam potência maior do que 5 KVA;
- Que a câmara de refúgio receba o mínimo efeito possível nos casos de incêndio em uma área de estacionamento ou área de abastecimento de diesel;
- Que esteja localizada em distância suficiente de qualquer material combustível de maneira que a câmara não possa, por sua vez, incendiar e que o acesso a ela não possa ser bloqueado pelo incêndio.

3 METODOLOGIA

No que se refere aos aspectos metodológicos, este trabalho trata-se de um estudo teórico fundamentado no que coloca Minayo (1998, p. 89) do conhecimento teórico ser “[...] construído a partir de outro e sobre os quais se exercitam a apreensão, a criticidade e a dúvida”. Diante disso pode-se entender que uma pesquisa teórica se fundamenta especialmente nas leituras dos teóricos com o objetivo de estabelecer uma conexão entre suas ideias.

Conforme destaca Demo (1987, p.23) “pesquisa teórica é aquela que monta e desvenda quadros de referência [...] que são contextos essenciais para o pesquisador movimentar-se”. Neste ponto de vista, pretende-se analisar as ideias dos teóricos relacionados de maneira que ao finalizar o estudo se possa compreender as características, propriedades e formas de conter e evitar incêndios em minas subterrâneas, de forma a implementar um plano de emergência de incêndio prevendo os fatores de risco, as necessidades de equipamentos de proteção, câmaras de refúgio, entre outros.

Ainda utilizando o suporte teórico de Demo (1987), a leitura de trabalhos relacionados ao tema a ser pesquisado é indispensável e precisa ser desenvolvida de modo ativo e reflexivo. Isto se refere ao fato de necessitar-se obter o conhecimento dos autores que já trataram do tema do planejamento e prevenção de incêndios para poder entender de que maneira deve-se planejar as formas de evitá-los, de manejar os equipamentos e maneiras de lidar quando a situação já foi instaurada. Assim, buscou-se algumas pesquisas desenvolvidas sobre o tema abordado neste estudo, tanto no que diz respeito à prevenção de incêndios, quanto alguns trabalhos realizados sobre as características do fogo e do incêndio, das consequências do caso de haver substâncias químicas nocivas a saúde humana e métodos de prevenção e de previsão desses casos. Além deste estudo ser teórico, pode-se classificá-lo como bibliográfico, qualitativo e exploratório. Inicialmente, trata-se de uma pesquisa bibliográfica por terem sido buscados em materiais já escritos os fundamentos para o desenvolvimento da temática a que se propõe este trabalho monográfico.

Segundo Gonsalves (2003, p. 34), a pesquisa bibliográfica tem por características a “[...] identificação e análise dos dados escritos em livros, artigos de revistas, dentre outros. Sua finalidade é colocar o investigador em contato com o

que já se produziu a respeito do seu tema de pesquisa”. Assim, buscou-se o que existe a respeito dos temas tratados neste estudo de modo a fazer a interação dos mesmos com uma finalidade específica.

De acordo com o que aborda Ruiz (2002, p. 58) a pesquisa bibliográfica consiste na análise de estudos e pesquisas para levantamento e apreciação de tópicos presentes no tema de determinada pesquisa científica.

Complementando o exposto, Cervo e Bervian (2002, p. 65) argumentam que “[...] a pesquisa bibliográfica procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos”, desta forma, no que diz respeito à fonte, este estudo é bibliográfico.

No que se refere ao objetivo, pode-se classificar esta pesquisa como possuindo caráter exploratório porque conforme mostra Gonsalves (2003, p. 65) “[...] a pesquisa exploratória é aquela que se caracteriza pelo desenvolvimento e esclarecimento de ideias, com objetivo de oferecer uma visão panorâmica, uma primeira aproximação a um determinado fenômeno que é pouco explorado”. Assim, a interação sugerida neste estudo se destaca como pouco explorada, tornando este estudo exploratório.

Finalmente, a natureza qualitativa deste estudo se refere à preocupação com o entendimento e interpretação de uma determinada conjuntura ou acontecimento. Para Costa (2001, p. 40) entre os objetivos elencados de uma pesquisa qualitativa encontra-se o de “[...] contribuir para geração de teorias a respeito da questão sob exame.” Neste sentido, a interação que se propõe neste estudo, busca analisar como o desenvolvimento de um plano de emergência de incêndio pode ser utilizado de forma a contribuir positivamente nas ações de enfrentamento de casos de acidentes neste contexto, em minas subterrâneas.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 HISTÓRICO DA EMPRESA

Antes da constituição da Mineração Tabiporã, na época dos garimpos de ouro em todo o mundo na década de 80, a localidade conhecida como Povinho de São João, foi objeto de serviços de extração mineral desordenada, com emprego de métodos de lavra a céu aberto desde 1983, sem planejamento adequado, por cerca de 17 grupos empresariais, todos novos na atividade de mineração (TABIPORÃ, 2013).

O foco inicial de atração foi um garimpeiro artesanal que, conta à história, comprava blocos de quartzo sulfetados recolhidos por crianças sob sua orientação e, nos finais de semana, levava em carroça para beneficiamento manual em Campo Largo.

Também são conhecidas em toda a região antigas estruturas de garimpos atribuídas aos Jesuítas. Digno de nota são também as fortes anomalias geoquímicas detectadas pela Mineropar no local, e que não foram objeto de detalhamento a época de sua descoberta em 1981 (TABIPORÃ, 2013).

Os veios de quartzo, sulfetados e aflorantes eram escavados com emprego de trator de esteiras e retroescavadeiras, que removiam o capeamento para o local mais perto (jusante das elevações) e liberavam o minério, que era recolhido manualmente, e levadas a rudimentares plantas constituídas geralmente de britador de martelos, betoneiras e mesas com chapas de cobre amalgamadas (TABIPORÃ, 2013).

Tão logo estas atividades chegaram ao conhecimento das autoridades, fez-se necessário um grande esforço de regularização, com conversações e acordos que, por um lado forçaram a paralisação das atividades a céu aberto, até a apresentação de EIA/RIMA, por outro permitiram que as empresas realmente interessadas pudessem continuar suas atividades dentro da lei e da boa técnica (TABIPORÃ, 2013).

No contexto de regularização plena das suas atividades, a Mineração Tabiporã, na época (1986) com a razão social de Nealmil, contratou junto à empresa especializada, um estudo de viabilidade do jazimento, que indicou ser atrativa técnica e econômica a mineração em subsolo. Passo contínuo investiu pesadamente

com a confecção do EIA/RIMA, bem como na execução de uma campanha de sondagens rotativas, visando respectivamente o licenciamento ambiental e qualificação das reservas em sub-superfície e respectivos teores (TABIPORÃ, 2013).

Já em 1988, parcela significativa dos custos envolvidos foi gerada pela própria jazida, com a escavação de um poço inclinado locado no minério, licenciado por Guia de Utilização, concomitante com a abertura da galeria principal de acesso, com 300m de extensão, no nível-1, antecipando-se a concessão de lavra pelo DNPM (TABIPORÃ, 2013).

As reservas minerais inicialmente consignadas montavam a 113.978t. de minério in situ, com teor médio em ouro de 8g/t, resultando em 1,290 kg de ouro, teor de corte de 2,0 g/t. O limite inferior da cubagem era limitado ao nível-1, na cota local 810, a cerca de 60m abaixo da superfície, mas ainda acessado por galeria de encosta (TABIPORÃ, 2013).

O Plano de Aproveitamento Econômico - PAE, aprovado pelo DNPM em 1990, previa lavra por câmaras e pilares, realce aberto, com escala de produção plena prevista na faixa de 60 t/dia (TABIPORÃ, 2013).

A rota de processo adotada foi de britagem, moagem e flotação do minério, seguida de cianetação do concentrado e precipitação em zinco (processo Merrill-Crowe), inicialmente efetuado nas instalações da empresa no bairro Botiatuva, Campo Largo-PR (TABIPORÃ, 2013).

O quadro de empregados previstos foi de 180 pessoas, dos quais 128 para a mina, em dois turnos de produção de 06 horas/dia. O pessoal de subsolo foi inicialmente recrutado em outras regiões mineiras no estado, principalmente Adrianópolis (mineração de chumbo) e Figueira (carvão) (TABIPORÃ, 2013).

Ao longo do tempo foram formados quadros locais, reduzindo-se custos com recrutamento. Previa-se ainda fornecimento aos empregados de alojamentos e refeitório, com uma folga semanal, bem como treinamento e completo arsenal de equipamento de proteção - EPI's (TABIPORÃ, 2013).

Face restrições orçamentárias, foi feito um grande esforço criativo, desenvolvendo-se vários equipamentos em casa, bem como reformando outros obtidos em leilões de companhias de mineração, reduzindo-se muito, na prática, os investimentos previstos no Plano de Aproveitamento Econômico.

Todo o processo de pesquisa mineral, plano de lavra, beneficiamento e licenciamento ambiental foram conduzidos por técnicos habilitados, e em estrita

consonância com a legislação e melhores técnicas vigentes, conferindo qualidade e segurança às operações (TABIPORÃ, 2013).

4.1.1 Atividade da Empresa

A Tabiporã é uma empresa que atua no ramo de mineração e produz ouro que é utilizado em grande escala em vários ramos de indústrias como joalherias, informáticas entre outras (TABIPORÃ, 2013).

4.1.2 Missão da Empresa

Ser líder na área de extração de ouro no Estado do Paraná. Desenvolver suas atividades dentro de padrões e controle de qualidade levando em consideração a preservação do meio ambiente e da sociedade (TABIPORÃ, 2013).

4.1.3 A Mina do Morro

O método utilizado na Mineração Tabiporã na Mina do Morro é câmaras e pilares desde o nível 01 até nível 05, o nível 06 apenas foi desenvolvido as galerias principais para pesquisa, sem produção (Figura 10 e 11). Este método se aplica devido a resistência alta da encaixante não necessitando de escoramento ao longo da lavra, somente em situações esporádicas.

A produção da Mina do Morro tem três (03) turnos de produção e um turno apenas para manutenção do Plano Inclinado (PI) e retirada de lama do final do PI.

A equipe é composta por dois encarregados de produção por turno, dois encarregados de infraestrutura (manutenção do plano inclinado e tubulação, transporte de equipamentos entre níveis), um supervisor, um engenheiro de minas e um gerente de produção.

A produção média diária está em torno de 300 toneladas e mais 100 toneladas de estéril.



Figura 10 - Veio de quartzo
Fonte: Tabiporã (2013).

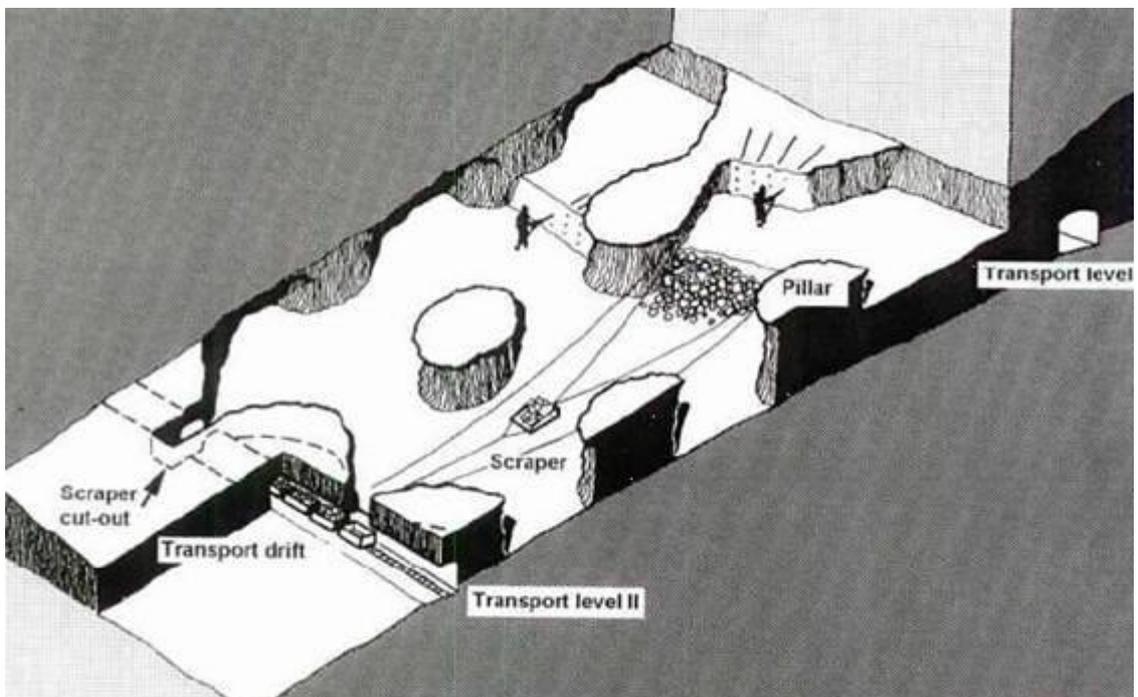


Figura 11 – A Lavra na Mina do Morro
Fonte: Tabiporã (2013).

É utilizado explosivo para o desmonte da rocha (minério e estéril), emulsão encartuchada, anfo, cordel detonante e os acessórios são nonel com temporizador e mantopim hidráulico de 2,5m para acionar.

Para limpeza das frentes de trabalho após o desmonte com explosivos segue ventilado, lavado com água industrial e abatido o choco, carrinho de mão, pá e picareta em locais que a concha do guincho de rastelo não chega, em se tratando de avanço nos painéis.

No caso da limpeza dos TB's (Túnel Base) é utilizado a pá carregadeira rebaixada, LHD (1,5m³ de capacidade de concha, modelo TORO 150D) e caminhão rebaixado (LHP N4 – 4,5m³ e LHP N5- 3m³).

As figuras 12 e 13 mostram os equipamentos (LHD/LHP).



Figura 12 – Equipamento de LHD
Fonte: Tabiporã (2013).



Figura 13 - Equipamento de LHP
Fonte: Tabiporã (2013).

As informações para avanço de lavra e desenvolvimento diário é repassado para o supervisor que repassa para cada encarregado no dia de reunião de produção semanal.

A cada final de turno o encarregado repassa todas as informações necessárias para o encarregado posterior que irá trabalhar no nível, constando a localização dos equipamentos, condições primárias e etapas necessárias para concluir o processo de produção caso esteja em andamento.

No que se refere à ventilação, a mina dispõe de um exaustor no poço de ventilação com 350cv e pressão de 400mmca, vazão de 3750m³/min, mais dois auxiliares instalados no piso do TB, um de 50cv, 150mmca e 920m³/min no TB 3006 e outro no nível 04 com as mesmas características, e alguns ventiladores no teto para os fundos de saco, com 15cv, 130mmca e 360m³/min para desenvolver TB's e painéis.

Basicamente o ar limpo entra pela Boca da Mina Velha (Nível 01 – início da mina do morro), e pelo plano inclinado, ou seja, é descendente até o nível 06, e pelo poço na extremidade do TB 1005, também descendente até o nível 03.

O controle dos parâmetros principais de ventilação está afixado nas estações de ventilação ao longo da mina. Os parâmetros são: vazão (m^3/min), velocidade do ar (m/s), área da estação de ventilação (m^2).

Nos painéis, se faz uso, além do circuito de ventilação que passa pelos painéis, de ar comprimido para retirada de poeiras e gases no detonar a frente de trabalho.

As detonações são sempre no final do turno, com intervalo de ventilação de aproximadamente uma (01) hora entre um turno e outro.

A mina dispõe de no máximo 3 operadores de LHD/LHP e no máximo 70 trabalhadores por turno entre produção e pessoal de apoio (mecânicos, eletricitas, supervisão, técnicos).

Todo início de turno o encarregado faz a leitura da quantidade de monóxido de carbono existente na pós-detonação (lembrando que fica em torno de (01) hora ventilando de um turno para outro e se necessário mais tempo conforme a determinação do encarregado do turno).

O técnico de segurança além de manter o monitoramento do monóxido de carbono executa também o monitoramento de oxigênio e nitrosos.

4.2 METODOLOGIA ADOTADA PARA ELABORAÇÃO DO PLANO DE EMERGÊNCIA DA MINA DO MORRO

A elaboração de um plano de emergência implica execução e coordenação de várias de tarefas. A metodologia empregada neste estudo foi estudar um modelo consagrado, tentando resumi-lo e adaptá-lo às condições da mineradora (SEITO et al., 2008).

- Passo 1: Estabelecer uma equipe

O plano de emergência pode ser desenvolvido por um indivíduo ou um grupo designado para tal. A participação de pessoas dos diferentes setores dá a oportunidade para que cada um traga as suas informações pertinentes para o plano de emergência. Assim, deve-se estabelecer autoridade para chefia do grupo, declarar o propósito do plano resumidamente, estabelecer um programa e um orçamento com a elaboração de uma agenda de trabalho e prazos das etapas do programa.

- Passo 2: Analisar riscos e capacidade de combate ao incêndio

Nessa etapa é feita a coleta de informações sobre a estrutura proveniente das normas e leis relacionadas às emergências, sobre as formas de empreender a análise dos possíveis riscos de incêndio e sobre a capacidade de ação disponível e sobre as possíveis emergências. Esta fase envolve a adequação do plano de emergência com as demais ações e políticas da empresa, entre elas o plano de retirada organizada de pessoas de edificações, plano de proteção contra incêndio, programa de saúde e segurança do trabalho, plano de gerenciamento de risco, entre outros.

Outro ponto importante desta fase é promover reuniões com grupos externos, órgãos do governo e da comunidade, para obter informações sobre os recursos disponíveis de resposta desses órgãos. Assim, deve-se proceder a identificação dos códigos e regulamentos nas esferas federal, estaduais e municipais relacionados a elaboração de plano de emergência; determinar os possíveis pontos críticos e a capacidade e recursos humanos e materiais internos disponíveis, tais como brigadistas de atendimento a emergências, pessoal de vigilância, grupo de gerenciamento de emergência, equipe de retirada de pessoas de edificações, equipamentos de combate a incêndio e de primeiros socorros, sistemas de alarme, sistemas de comunicação, equipamentos de proteção individual e de proteção respiratória, além dos sistemas de geradores de fornecimento de energia elétrica.

Ainda nesta etapa devem-se identificar os recursos externos disponíveis, realizar a análise de vulnerabilidade por meio da análise histórica de acidentes, lista de verificações e listagem das potenciais emergências.

As emergências podem ser dos mais diversos tipos e possuir inúmeras causas, entre elas, emergências que podem ocorrer dentro das instalações como incêndios, inundações, acidentes de transportes, entre outros. Também considerar as probabilidades da ocorrência de cada emergência; potencial impacto humano de cada emergência; o potencial impacto material; o potencial do impacto nos negócios; os recursos internos e externos.

- Passo 3: Desenvolvimento do Plano

Diante do conhecimento adquirido em outros eventos, elaborar o plano abordando os seus componentes e o processo de desenvolvimento, enfocando além dos aspectos técnicos de redação como a presença de um sumário executivo,

destacar os elementos centrais do plano de emergência das instalações, que envolve:

- Direção e controle,
 - Comunicações.
 - Segurança à vida.
 - Proteção ao patrimônio.
 - Alcance da comunidade.
 - Recuperação e restauração.
 - Administração e logística.
- Passo 4: Implementação do Plano

Para proceder a implementação do plano é necessário executar as recomendações sugeridas durante a análise de vulnerabilidade, promover a integração do plano dentro das operações da empresa, treinar empregados em, termos de orientação e educação e também de evasão; e avaliar o plano e fazer as modificações necessárias após cada exercício ou treinamento e/ou após cada emergência.

- Passo 5: Gerenciamento da emergência

Etapa onde os princípios básicos que devem ser observados pelo indivíduo que estiver no comando das operações de resposta à emergência são postos em prática, para que este possa assumir a resposta a uma emergência e chefiar da ocorrência.

Pode fazer parte deste processo a elaboração de uma planilha tática onde serão assinaladas todas as informações importantes como croquis do local, as frentes designadas para as equipes e o comandante de cada equipe.

Outro ponto a ser destacado nesta etapa está relacionado com as comunicações que são vitais para a o bom andamento de qualquer atividade empresarial. Diante disso, desenvolver um plano de contingência, desde uma parada temporária até uma total falha de comunicações é muito importante.

As comunicações de emergência devem ser pensadas em relação às funções que as instalações podem precisar desempenhar em uma emergência e o sistema de comunicações relacionado a elas com o intuito de lhes dar apoio. Assim, devem-se estabelecer comunicações entre as equipes de resposta a emergências, desta com o comandante do incidente e deste com o centro de comando da emergência. Também devem ser contemplados no processo de comunicação os

empregados, as organizações de resposta externa, as famílias dos empregados e a mídia.

4.2.1 Simulação do Plano de Emergência da Mina do Morro

Os objetivos do plano de emergência e evacuação são (TABIPORÃ, 2013):

- Desenvolver um plano de emergência contra incêndio em uma mina subterrânea.
- Estabelecer os procedimentos operacionais a serem adotados quando em situações de incêndios nas dependências da Mina.
- Procurar atender a NPT-017 – Brigada de Incêndio.

Na ocorrência com acidente como proceder (simulação):

- Acionar o ramal de emergência 211 informando o sinistro.
- Guincheiro rompe o lacre e distribui na rede de ar comprimido o gás utilizado como indicador para evacuação da mina (gás com odor de eucalipto)

Inicia-se saídas da mina utilizando as rotas alternativas e saídas de emergências (Figura 14).

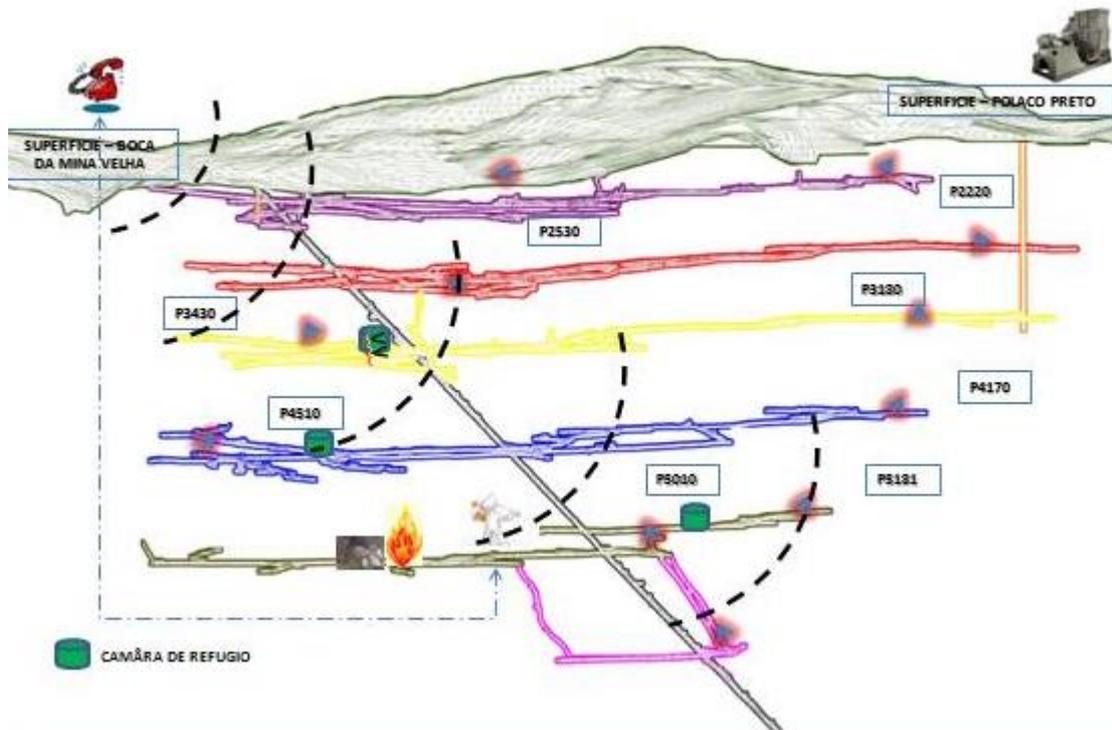


Figura 14 – Saídas de emergências da mina
Fonte: a autoria (2013).

Em caso de incêndio será utilizada a máscara autônoma que é distribuída a todos mineiros como equipamento individual de segurança – EPI.

Os próximos procedimentos são:

- Através de informações identifica-se o local exato do sinistro para brigada de incêndio tomar ações necessárias.
- Certifica-se que a evacuação foi concluída com sucesso.
- Checar as câmaras de refúgios (Figura 15 e 16).
- Checar através de crachás se todos estão fora da mina.

Na Mina do Morro existem os seguintes dispositivos de segurança contra incêndio:

- No interior da mina existe reservatório para atender as necessidades industriais como também de incêndio capacidade de 600 m³.
- Tubulações fixas de água distribuídas em todas as galerias no interior da mina com diâmetros suficientes para atender a operação industrial e de incêndio.
- A mina é composta por seis níveis principais e subníveis secundários onde são distribuídos 420 extintores de CO₂, AP, PQS.

Os responsáveis pela ativação da desocupação da mina conforme a ocorrência do sinistro parte de um aviso via telefone, onde os colaboradores são habilitados e tem a capacidade de discernir o grau do sinistro para ativar a emergência.



Figura 15 – Entrada da câmara de refúgio
Fonte: a autoria (2013).



Figura 16 – Câmara de refúgio
Fonte: a autoria (2013).

4.3 O PLANO DE EMERGÊNCIA DE INCÊNDIO DA MINA DO MORRO

A seguir será apresentado o plano construído:

1. ACIONAMENTO DO ALARME DE EMERGÊNCIA



1.1. EMERGÊNCIA NA CLASSE 1

INCÊNDIO

Qualquer empregado, ao verificar a ocorrência de **INCÊNDIO** no interior da Empresa, deverá acionar os procedimentos previstos no **PLANO DE EMERGÊNCIA** conforme segue:

EMPREGADO QUE IDENTIFICA O INCÊNDIO

ETAPAS DAS AÇÕES				DESCRIÇÃO DA AÇÃO	QUEM
1 ^a				Detecta sinistro através da visão, do cheiro, do calor.	Qualquer pessoa
	2 ^a			Se houver vítima, afasta-o do foco do incêndio, dando os primeiros atendimentos de emergência.	Qualquer pessoa
		3 ^a		Aciona a Buzina (5 toques longos) e Apito (contínuo) de emergência visando chamar ajuda dos companheiros próximos para pedir ajuda.	Operadores de máquinas
			4 ^a	Enquanto o companheiro busca ajuda e comunica a situação de emergência, inicia imediatamente o combate ao fato gerador, acionando o extintor adequado ao tipo de fogo e se necessário utilize sua máscara contra gazes .	Qualquer pessoa liga para o ramal 211 para acionar a equipe de Brigadistas
Obs.: Caso não consiga ajuda imediata, prossiga com os avisos sonoros, buscando combater o foco do incêndio. Quando verificado que sua ação não impede a propagação do incêndio afaste-se do local certificando-se de que não existem pessoas dependendo de sua ajuda.					

EMPREGADO QUE PEDIRÁ AJUDA

ETAPAS DAS AÇÕES				DESCRIÇÃO DA AÇÃO	QUEM
1 ^a				Desloca-se para um local onde exista comunicação, ligando para o ramal 211 , informando: 1. Qual é a emergência; 2. O local do sinistro e 3. Se existe vítima para ser resgatada.	Empregado que irá pedir ajuda e comunicar a emergência.
	2 ^a			Procura um Supervisor, Encarregado, Técnico de Segurança ou Brigadista para relatar o ocorrido.	Qualquer pessoa
		3 ^a		Se houver necessidade de resgate comunicar a brigada relacionada.	Qualquer pessoa liga para o ramal 211 para acionar o processo de resgate

Obs.:	Tenha certeza que a comunicação do fato foi plenamente efetivada e que o Plano de Emergência foi acionado adequadamente.
--------------	--

EQUIPE DE BRIGADISTAS

ETAPAS DAS AÇÕES				DESCRIÇÃO DA AÇÃO	QUEM
1ª				Desloca-se para a área do sinistro, equipado com Extintor Auxiliar e se houver vítima portanto, também o Kit de Emergência, juntamente com o empregado que alertou o sinistro para agilizar a localização do sinistro.	Brigadistas
	2ª			Coloca em prática o atendimento de emergência e combate ao foco do incêndio, procedendo conforme padrões estabelecidos para cada situação.	Brigadistas
		3ª		Efetua a remoção da vítima conforme padrões estabelecidos para cada situação.	Brigadistas
			4ª	Coloca a vítima na maca procedendo conforme padrões estabelecidos para o resgate de emergência até o hospital.	Brigadistas
Obs.:				Tenha certeza que a comunicação do fato foi plenamente efetivada e que o Plano de Emergência foi acionado adequadamente.	

CENTRAL DE COMUNICAÇÃO

ETAPAS DAS AÇÕES				DESCRIÇÃO DA AÇÃO	QUEM
1ª				Avaliada a proporção da situação de emergência, procede se necessário a convocação na central de comunicação dos Brigadistas e Equipe de Resgate para entrarem em ação.	Central de Comunicação
	2ª			Liga para o Setor de Medicina ou Socorrista de Plantão para acioná-los	Central de Comunicação
		3ª		Entra em contato com o Setor de Engenharia de Segurança ou Gerente de Plantão comunicando o Sinistro.	Central de Comunicação
			4ª	Disponibiliza o Transporte com material de apoio, posicionado o equipamento no nível do sinistro, esperando para proceder ao resgate da vítima até um local seguro.	Central de Comunicação
Obs.:				Tenha certeza que a comunicação do fato foi plenamente efetivada e que o Plano de Emergência foi acionado adequadamente.	

ENGº DE SEGURANÇA, GERENTE DE PLANTÃO, SUPERVISORES ou ENCARREGADOS

ETAPAS DAS AÇÕES				DESCRIÇÃO DA AÇÃO	QUEM
1ª				Avalia cuidadosamente as condições do sinistro e determina as ações que serão tomadas pela equipe de Brigadistas.	Supervisor
	2ª			Determina se necessário a utilização pontos de refúgio, liberando os empregados de seu interior somente quando a situação for considerada controlada.	Supervisor

		3ª		Determina quando necessário o Processo de Evacuação da Área, indicando quais serão as rotas de fuga utilizadas, acionando a sirene de emergência e luzes de advertência.	Supervisor
			4ª	Nos locais de concentração: 1. Procede a contagem e identificação de todos os empregados de turno certificando-se de que todos estão presentes. 2. Determina aos empregados o retorno ao trabalho quando a situação de emergência for considerada extinta pela área de Engª de Segurança.	Engenharia

2. SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS PERIGOSOS

Sistema padrão para a identificação de risco de incêndio de produtos perigosos (NFPA 704)

As atividades que são necessárias para controlar uma emergência com produtos perigosos baseiam-se na identificação dos produtos ou substâncias perigosas envolvidas.

O sistema de informação baseia-se no "**capítulo da norma 704**", que representa visualmente a informação sobre três categorias de risco: **para a saúde**, **inflamabilidade** e **reação**, além do nível de gravidade de cada um.

Também indica dois riscos especiais: **a reação com a água** e o **seu poder oxidante**.

O sistema padronizado usa **números** e **cores** como aviso para definir os riscos básicos de um produto perigoso. A saúde, a inflamabilidade e a radioatividade estão identificadas e classificadas em uma escala de 0 a 4, dependendo do grau de risco que apresentem.

Resumo do Sistema de Classificação de Perigos (NFPA)

3. SISTEMA DE IDENTIFICAÇÃO DE PRODUTOS PERIGOSOS

Nº Classe de Perigo Nações Unidas	DESCR I Ç A O
1	Gases inflamáveis, não inflamáveis e não tóxicos
2	Líquidos inflamáveis
3	Sólidos inflamáveis, substâncias sujeitas a combustão espontânea e substâncias, em contato com a água emitem gases inflamáveis
4	Substâncias oxidantes e peróxidos orgânicos
5	Substâncias tóxicas (venenosas) e substâncias infectantes
6	Materiais radioativos
7	Corrosivos
8	Substâncias perigosas diversas

As eventuais dúvidas deverão ser dirimidas pela área de Engenharia de Segurança.

4 TREINAMENTO PLANO DE EMERGÊNCIA

		SUGESTÃO GRADE DE TREINAMENTO	
nº	Item	Procedimento	Periodicidade
01	Alarme de Emergência	Como Acionar o Plano de Emergência Acionamento dos Mecanismos de Comunicação	Mensal nos DSI
02	Rota de Fuga	Quando Utilizar Materiais Internos Necessários	Mensal nos DSI
03	Equipe de Combate a Vazamentos	Componentes Material de Apoio Necessário	Semestral
04	Localização dos Extintores	Mapa de Localização Plano de Recarga	Mensal nos DSI
05	Equipe de Resgate	Componentes Material de Apoio Necessário	Semestral
06	Equipe de Socorro – Brigadistas	Componentes: a) Operadores b) Mecânicos c) Eletricistas d) Técnicos de Segurança e) Encarregados f) Supervisores	Semestral
07	Equipe Transporte Externo de Emergência	Motorista Ambulância Hospitais Indicados Rotas dos Hospitais Telefones de Contato Tempo dos Trajetos	Semestral
08	Pontos de Agrupamento	Orientadores Contagem das Integrantes das Equipes	Mensal nos DSI
09	Rotas de Fuga	Sinalização	Mensal nos DSI

10	Saídas de emergência	Sinalização	Mensal
----	----------------------	-------------	--------

Legenda: DSI (Diálogo Semanal de Informação)

Percebe-se ao analisar o plano de emergência de incêndio da Mina do Morro da Tabiporã Mineradora encontra-se completo, contudo destaca-se a necessidade de revisão abrangente constante deste documento para que o mesmo contemple itens de grande importância para a segurança dos trabalhadores e da própria instalação.

A preocupação da empresa fica clara nos constantes treinamentos a que são submetidos os funcionários de forma a mantê-los sempre atualizados, já que se pode perceber ao longo da revisão de literatura a importância da reciclagem de conhecimentos para em face de incêndio verídico as etapas de segurança sejam seguidas à risca, poupando vidas e preservando equipamentos e instalações.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de uma metodologia, usando como suporte as normas em vigência no país, para atender as necessidades de prevenção de incêndios é indispensável, uma vez que se pode evitar mortes e sequelas prejudiciais para os trabalhadores, bem como minimizar os riscos ao patrimônio por meio da rápida intervenção dos responsáveis. Esse processo protege recursos materiais e humanos como preconizam as referidas Normas Reguladoras de Mineração – NRM, entre elas a 7 - Vias e Saídas de Emergência, 8 - Prevenção contra Incêndios, Explosões, Gases e Inundações e 22 - Segurança do Trabalhador e a NR-22-28 - Proteção contra Incêndios e Explosões Acidentais, entre outras.

Essa metodologia de planejamento das emergências no caso de incêndios em minas subterrâneas é de grande valia também como instrumento prático e didático para os trabalhadores e gerências. A execução de exercícios de simulação práticos, propostos por essa metodologia é o passo inicial para a difusão da prática dos meios de prevenção e de procedimentos em casos de sinistros reais em termos de planejamento destes procedimentos visando otimizar o processo cada vez mais.

Embora a definição de uma metodologia de elaboração de planos de emergência nos casos de minas subterrâneas devem ser mais detalhados que nos casos de minas a céu aberto, pois requerem procedimentos com adaptações ao meio ao qual se refere, acredita-se que estes demandem o mesmo detalhamento e pormenorização para evitar a maior parte dos tipos de decorrências negativas.

Pode-se concluir a partir da análise das possibilidades de risco de incêndio em minas subterrâneas, estratégias de controle e escape e câmaras de refúgio, que os planos de emergência, mais do que indispensáveis, são instrumentos importantes e eficazes já que os dados e informações utilizados nas tomadas de decisões e no planejamento das ações levam em conta situações reais de minas subterrâneas conhecidas e simulações importantes realizadas visando o aprofundamento técnico necessário para a sua implementação com sucesso.

No caso da Mina do Morro da Mineração Tabiporã, o plano de emergência de incêndio foi elaborado considerando todos os aspectos propostos pelas normas técnicas e as possibilidades de evacuação e proteção do patrimônio físico e humano da empresa, e a partir das simulações tem sido constantemente aprimorado e

otimizado visando a diminuição dos riscos de incêndio inerentes a especialização do serviço executado no local.

REFERÊNCIAS

ANON, I. desenvolvimento mineiro relação estéril-minério, 2010.

ANSEEUW, Kurt; DELVAU, Nicolas; BURILLO-PUTZE, Guillermo; DE IACO, Fabio; GELDNER, Götz; HOLMSTRÖM, Peter; LAMBERT, Yves; SABBE, Marc. Cyanide poisoning by fire smoke inhalation: a European expert consensus. **Eur J Emerg Med.**, v. 20, n. 1, p. 2-9, feb./2013.

AS/NZS 4360. Risk management, 1990.

BIFFI, M. et al. Ventilation strategies to meet future needs of the South African platinum industry. **The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 107, jan./2007.

BRAKE, R. Management of heat stress in a hot, humid underground environment safety in action 25-25 february 1998. *Occupational Hygiene*, v. 3, n. 2, 1999.

BRAKE, LDJ; NIXON, T. Correctly estimating primary airflow requirements for underground metalliferous mines. Launceston: Underground operator's conference, 2008.

BRASIL. **Portaria nº 237**, de 18 de outubro de 2001. Disponível em: http://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/Port_237_01.htm. Acesso feito em nov./2013.

_____. **Manual de auditoria em segurança e saúde no setor mineral**. Brasília: Ministerio do Trabalho, 2002.

_____. **Requisitos de segurança e proteção radiológica para instalações mínero-industriais**. Brasília: CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear, 2005.

BUTCHER E.G., PARNELL A.C. **Smoke Control in Fire Safety Design**. London: E & F. N. Spon Ltd, 1979.

CAVAZ JUNIOR, Carlos André. **Apostila de Noções de Ventilação Industrial**. Disponível em: <http://www.eq.ufrj.br/docentes/cavazjunior/vent.pdf>. Acesso feito em nov./2013.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica**. 5e. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.

CLARET, A. M. G. **Introdução à engenharia do incêndio**. Outro preto: NUGEO, 2009.

COSO. **Gerenciamento de riscos corporativos**. *Committee of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission*, 2007.

COSTA, Sergio Francisco. **Método científico: os caminhos da investigação**. São Paulo: Editor Harbra. 2001.

DEMO, Pedro. **Introdução à metodologia da ciência**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1987.

DRYSDALE, D. **An Introduction to Fire Dynamics**. Editora John Wiley and Sons, 1997.

EVANGELISTA, Vivian dos Santos. **Mineração**. Disponível em: <http://www.coladaweb.com/quimica/quimica-ambiental/mineracao>. Acesso feito em nov./2013.

GERMANI, Darcy José. **A mineração no Brasil – relatório final**. Rio de Janeiro: CGEE, 2002.

GONSALVES, Elisa Pereira. **Conversando sobre iniciação a pesquisa científica**. 3 ed. Campinas: Editora Alínea, 2003. 80p.

GUIDELINE: **refuge chambers in the underground metalliferous mines**. 2 ed. Western Australia: Department of Industry and Resources, 2008. Disponível em: http://www.dmp.wa.gov.au/documents/Guidelines/MSH_G_RefugeChambersUGMine.pdf. Acesso feito em nov./2013.

HERMANN, Curt. **Manual de perfuração de rocha**. São Paulo: Polígono, 1972.

IBRAM. Comércio Exterior do Setor Mineral e O mercado de trabalho do setor mineral. **Informe mineral**, jan./jun./2012.

KOVAC, John G.; VAUGHT, Charles; BRNICH JR, Micahel J. Probability of making a successful mine escape while wearing a self-contained self-recue. Pittsburgh: Pittsburgh Research Center, 2009.

MACHADO, Hermano Gomes. **Gestão de riscos em minas subterrâneas – avaliação da ventilação de minas profundas**. Dissertação de Mestrado. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2011.

MACPHERSON, M. J. Subsurface ventilation and environment engineering. New York: Chapman & Hall, 1993.

MENEZES, Ricardo Gallart de. **Tecnologias de Lavra em Maciços Rochosos**. Monografia de Especialização. RIO DE JANEIRO: UFRJ, 2005. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/mono_ricardo_menezes.pdf. Acesso feito em nov./2013.

METIDIERI, M. L. **Proposta de classificação de materiais e componentes construtivos com relação ao comportamento frente ao fogo – Reação ao fogo**. Dissertação de mestrado. São Paulo: EPUSP, 1998.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: Pesquisa qualitativa em saúde**. 5 ed. São Pulo: HUCITEC, 1998.

MINERAÇÃO Tabiporã. **Informações Institucionais – material da empresa**. Campo Largo, 2013.

MORRO VELHO. **Historia, fatos e feitos**. Nova Lima: 1996.

NEME, Milton Brigolini; CURI, Adilson; SILVA, José Margarida da e CARNEIRO, Aida Carolina Borges. Realização de projeto de lavra de mina subterrânea com utilização de aplicativos específicos. **Rem: Rev. Esc. Minas**, v. 64, n. 4, p. 519-524, 2011.

NOÇÕES de ventilação industrial. Disponível em: www.higieneocupacional.com.br/download/vent-ind-noco.es.doc. Acesso feito em nov./2013.

RUIZ, João Álvaro. **Metodologia científica**: guia para eficiência nos estudos. 5 ed. São Paulo: Atlas 2002.

SEITO Alexandre Itiu. Fumaça de incêndio - Movimentação no edifício e seu controle. **Revista A Construção**. São Paulo, n. 1953, 1985.

SEITO, Alexandre Itiu; GILL, Alfonso Antonio; PANNONI, Fabio Domingos; ONO, Rosaria; SILVA, Silvio Bento; DEL CARLO, Ualfrido e SILVA, Valdir Pignatta e. **A segurança contra incêndios no Brasil**. São Paulo: Projeto, 2008.

SILVA, José Margarida da. **Lavra Subterrânea**. (2010) Disponível em: <http://www.ppgem.ufop.br/arquivos/1b6b4e1c750aafba035dd88f01ada258.pdf>. Acesso feito em nov./2013.

SILVA, Gabriel Gomes e TORRES, Vidal Félix Navarro. Desmonte de rochas de aberturas subterrâneas em zonas sensíveis às vibrações. **7ª Jornada técnico-científica de Medio Ambiente Subterráneo y Sostenibilidad**. Guadalajara, p. 1-20, jul./2013.

TORRES, Vital Feliz Navarro; GAMA, Carlos Dinis da; VILAS BOAS, Roberto C. **Engenharia ambiental subterrânea e aplicações**. Rio de Janeiro: CETEM, 2005.

ANEXO A - NR-22 - SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL NA MINERAÇÃO

[...]

22.28 Proteção contra Incêndios e Explosões Acidentais.

22.28.1 Nas minas e instalações sujeitas a liberações de gases tóxicos, explosivos ou inflamáveis o PGR - Programa de Gerenciamento de Riscos - deverá incluir ações de prevenção e combate a incêndio e de explosões acidentais.

22.28.1.1 As ações de prevenção e combate a incêndio e de prevenção de explosões acidentais devem ser implementadas pelo responsável pela mina e devem incluir, no mínimo:

- a) indicação de um responsável pelas equipes, serviços e equipamentos para realizar as medições;
- b) registros dos resultados das medições permanentemente organizados, atualizados e disponíveis à fiscalização e
- c) a periodicidade da realização das medições deverá ser determinada em função das características dos gases, podendo ser modificada a critério técnico.

22.28.2 Em minas subterrâneas não deve ser ultrapassada a concentração um por cento em volume, ou equivalente, de metano no ambiente de trabalho.

22.28.2.1 No caso da ocorrência de metano acima desta concentração, as atividades devem ser imediatamente suspensas, informando-se a chefia imediata e executando somente trabalhos para reduzir a concentração.

22.28.2.2 Em caso de ocorrência de metano com concentração igual ou superior a dois por cento em volume, ou equivalente, a zona em perigo deve ser imediatamente evacuada e interditada.

22.28.3 A concentração de metano na corrente de ar deverá ser controlada periodicamente, conforme programa estabelecido e aprovado pelo responsável pela mina.

22.28.3.1 Acima de zero vírgula oito por cento em volume de metano no ar, será proibido desmonte com explosivo.

22.28.4 Nas minas subterrâneas sujeitas à concentração de gases, que possam provocar explosões e incêndios, devem estar disponíveis próximos aos postos de trabalho equipamentos individuais de fuga rápida em quantidade suficiente para o número de pessoas presentes na área.

22.28.4.1- Além dos equipamentos de fuga rápida deverão estar disponíveis câmaras de refúgio incombustíveis, por tempo mínimo previsto no Programa de Gerenciamento de Riscos - PGR- com capacidade para abrigar os trabalhadores em caso de emergência possuindo as seguintes características mínimas:

- a) porta capaz de ser selada hermeticamente;
- b) sistema de comunicação com a superfície;
- c) água potável e sistema de ar comprimido e
- d) ser facilmente acessíveis e identificados.

22.28.5 Todas as minerações devem possuir um sistema com procedimentos escritos, equipes treinadas de combate a incêndio e sistema de alarme.

22.28.5.1 As equipes deverão ser treinadas por profissional qualificado e fazer exercícios periódicos de simulação.

22.28.6 A prevenção de incêndio deverá ser promovida em todas as dependências da mina através das seguintes medidas:

- a) proibição de se portar ou utilizar produtos inflamáveis ou qualquer objeto que produza fogo ou faísca, a não ser os necessários aos trabalhos de mineração subterrânea;
- b) disposição adequada de lixo ou material descartável com potencial inflamável em qualquer dependência da mina;
- c) proibição de estocagem de produtos inflamáveis e de explosivos próximo a transformadores, caldeiras, e outros equipamentos e instalações que envolvam eletricidade e calor;
- d) os trabalhos envolvendo soldagem, corte e aquecimento, através de chama aberta, só poderão ser executados quando forem providenciados todos os meios adequados para prevenção e combate de eventual incêndio e
- e) proibição de fumar em subsolo.

22.28.7 É proibido o porte e uso de lanternas de carbureto de cálcio em subsolo.

22.28.8 Em minas subterrâneas, onde for utilizado sistema de transporte por correias transportadoras, deverá ser instalado sistema de combate a incêndio próximo ao seu sistema de acionamento e dos tambores.

22.28.9 Em minas de carvão, as correias transportadoras deverão ser construídas de material resistente à combustão.

22.28.9.1 Em minas de carvão deverão ser tomadas todas as medidas necessárias para evitar o acúmulo de pó de carvão ao longo das partes móveis dos sistemas de transportadores de correia, onde possa ocorrer aquecimento por atrito.

22.28.10 Nos acessos de ar fresco devem ser tomadas precauções adicionais nas instalações para se evitar incêndios e sua propagação.

22.28.11 O sistema da ventilação de mina subterrânea deve ser regido e dotado de procedimentos ou dispositivos que:

- a) impeçam que os gases de combustão provenientes de incêndio na superfície penetrem no seu interior e
- b) possibilitem que os gases de combustão ou outros gases tóxicos gerados em seu interior em virtude de incêndio não sejam carregados para as frentes de trabalho ou sejam adequadamente diluídos.

22.28.12 Nas proximidades dos acessos à mina subterrânea não devem ser instalados depósitos de produtos combustíveis, inflamáveis ou explosivos.

22.28.13 Todo insumo inflamável ou explosivo, deve ser rotulado e guardado em depósito seguro, identificado e construído conforme regulamentação vigente.

22.28.14 Devem ser instaladas, nas minas subterrâneas, redes de água, sistemas ou dispositivos que permitam o combate a incêndios.

22.28.15 Em toda mina devem ser instalados extintores portáteis de incêndio, adequados à classe de risco, cuja inspeção deve ser realizada por pessoal treinado.

22.28.16 Os equipamentos de combate a incêndios, as tomadas de água e o estoque do material a ser utilizado na construção emergencial de diques, na superfície e no subsolo, devem estar permanentemente identificados e dispostos em locais apropriados e visíveis.

22.28.16.1 Os equipamentos do sistema de combate a incêndio devem ser inspecionados periodicamente.

22.28.17 Todos os trabalhadores devem estar instruídos sobre prevenção e combate a princípios de incêndios, através do uso de extintores portáteis, e sobre noções de primeiros socorros.

22.28.18 Havendo a constatação de incêndio, toda a área de risco deve ser interditada e as pessoas não diretamente envolvidas no seu combate devem ser evacuadas para áreas seguras.

22.28.19 As carpintarias devem estar distantes de outras oficinas e demais zonas com risco de incêndio e explosão.

[...]

Disponível em: [http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D32401BA601326320FAA31075/NR-22%20\(atualizada%202011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D32401BA601326320FAA31075/NR-22%20(atualizada%202011).pdf).